

Universidad Publica de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TECNICA SUPERIOR

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

DE INGENIEROS AGRONOMOS

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

***Evaluación sensorial de productos cárnicos frescos con
recubrimientos comestibles antimicrobianos***

Alumno:

Jorge Juan RAMÍREZ MARTÍNEZ

Dirigido por:

Dr. Juan Ignacio MATÉ CABALLERO

Dr. Teresa FERNÁNDEZ GARCÍA

Dr. Idoya FERNÁNDEZ PAN

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS

NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKO NEKAZARITZA ETA ELIKADURA INDUSTRIAK

Septiembre de 2011

Agradecimientos

La consecución de este trabajo final de carrera no hubiera sido posible sin la colaboración de distintas personas a quienes profundamente agradezco su ayuda.

En primer lugar a mis directores Dr. Juan Ignacio Maté Caballero y Dr. Teresa Fernández García, que gracias a su dirección y colaboración no lo hubiera conseguido.

Por otro lado me gustaría dar las gracias a todos los compañeros de laboratorio y departamento de *Tecnología de los alimentos*, por hacerme sentir tan bien y por la ayuda aportada cuando se necesitaba. A su vez, quiero agradecer a todos los jueces y sufridos consumidores por realizar y aguantar nuestras duras jornadas de cata.

Por supuesto, quiero agradecer a dos personas sin las cuales la realización de este trabajo hubiera sido imposible, formando un equipo. Mi compañero Miguel Aguirre, a quien agradezco enormemente la ayuda prestada en todo momento, y su buen manejo en la cocina. A mi directora Idoia Fernández Pan, que con su ayuda, tiempo, consejos, charlas y paciencia ha hecho que todo haya sido más fácil.

Por último, pero en un lugar preferente, a mi familia, simplemente por todo.

RESUMEN

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. 2. PELÍCULAS COMESTIBLES | 2 |
| 1.2.1. <i>Introducción</i> | 2 |
| 1.2.2. <i>Funciones de las películas</i> | 3 |
| 1.2.3. <i>Extractos de plantas</i> | 4 |
| 1.3. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS SOBRE CALIDAD DEL POLLO | 9 |
| 1.4. ANÁLISIS SENSORIAL..... | 15 |
| 1.4.1. <i>Introducción</i> | 15 |
| 1.4.2. <i>Evolución histórica del análisis sensorial</i> | 16 |
| 1.4.3. <i>Funciones y usos del análisis sensorial</i> | 17 |
| 1.4.4. <i>Percepción de sensaciones</i> | 18 |
| 1.4.5. <i>Los cinco sentidos</i> | 25 |
| 1.4.6. <i>Las propiedades sensoriales</i> | 27 |
| 1.4.7. <i>Condiciones del análisis sensorial</i> | 30 |
| 1.4.8. <i>Tipos de pruebas sensoriales</i> | 32 |
| 1.4.9. <i>Factores que influyen en la valoración</i> | 36 |
| 1.4.10. <i>Escalas sensoriales</i> | 37 |
| 1.5. PANEL DE JUECES Y PRUEBAS DE CONSUMIDORES | 41 |
| 1.5.1. <i>Introducción</i> | 41 |
| 1.5.2. <i>Reclutamiento de los jueces</i> | 42 |
| 1.5.3. <i>Selección de los jueces</i> | 43 |
| 1.5.4. <i>Entrenamiento de los jueces</i> | 44 |
| 1.5.5 <i>Estudio de consumidores</i> | 45 |
| 2. OBJETIVOS | 48 |
| 3. DISEÑO EXPERIMENTAL | 49 |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS | 50 |
| 4.1 MATERIAL..... | 50 |
| 4. 2. MÉTODOS..... | 51 |
| 4.2.1. <i>Elaboración de Soluciones Formadoras de Recubrimientos Antimicrobianos</i> | 51 |
| 4.2.2. <i>Desarrollo del protocolo de aplicación de los recubrimientos</i> | 53 |
| 4.2.3. <i>Pruebas de análisis sensorial</i> | 57 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 65 |
| 5.1. ENSAYOS PRELIMINARES. PRESENTACIÓN DE MUESTRAS. | 65 |
| 5.2. ANÁLISIS SENSORIALES DISCRIMINANTES..... | 68 |
| 5.3. ENSAYOS HEDÓNICOS CON CONSUMIDORES | 73 |
| 6. CONCLUSIONES | 89 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 91 |
| 8. ANEJOS | |

El consumidor actual ha incrementado sus exigencias respecto a los productos alimentarios, demandando productos de alta calidad, naturales y ricos en nutrientes, atractivos de aspecto, con una larga vida útil y envasados en formatos respetuosos con el medio ambiente. Con el objetivo de satisfacer estas nuevas necesidades del consumidor moderno, la industria cárnica trabaja en diferentes vías de investigación de técnicas de envasado, que permitan mantener la calidad y seguridad del producto, sin repercutir en la apariencia fresca del mismo.

Dentro de las técnicas de envasado, el envasado activo se ha convertido en un área de investigación en alza; y en ese ámbito, destaca el impulso experimentado por el desarrollo de películas comestibles como método de conservación de productos cárnicos. Un film o película comestible se define como una capa fina y continuada de material comestible, que sirve para recubrir o separar los componentes de un alimento y en cuya composición se incorporan agentes antimicrobianos, que permitan inactivar la alteración a la que se exponen los productos cárnicos frescos.

Tecnologías como las películas comestibles se desarrollan con el objetivo final de garantizar la calidad y seguridad del producto, al tiempo que se preserva la apariencia natural del mismo. Además, las películas comestibles economizan energía y son respetuosas con el medio ambiente, lo que les convierte en una óptima alternativa a los envases plásticos tradicionales.

En el desarrollo de películas comestibles antimicrobianas existe una tendencia a seleccionar formulaciones basadas en compuestos. Los compuestos antimicrobianos naturales más demandados son los aceites esenciales y los extractos de plantas y especias. Un punto importante, que exige seguimiento y control, es la posibilidad de cambios sensoriales en el producto como resultado de la aplicación de dichas películas. En el caso que nos ocupa, el recubrimiento estará compuesto por proteína aislada de suero (WPI) y aceite esencial de orégano.

Este trabajo tiene por objetivo el estudio y análisis de las diferencias que puede percibir un panel de jueces sensoriales seleccionados y del grado de aceptación de un panel de consumidores. Para ello se han desarrollado diferentes pruebas con un panel de catadores seleccionado y entrenado de pechuga de pollo sin tratar, frente a pechuga de pollo con recubrimiento antimicrobiano. Asimismo se han realizado evaluaciones sensoriales hedónicas de consumidores con la pechuga de pollo en crudo y cocinado con recubrimiento antimicrobiano.

El estudio del conjunto de todas las pruebas llevadas a cabo permite establecer que el panel de catadores detecta diferencias en el producto tratado con recubrimientos de WPI y aceite esencial de orégano; y que los consumidores puntúan con una nota más alta al producto con película de WPI y al producto sin tratar frente al producto con WPI y el aceite esencial.

1. Introducción

Los productos cárnicos frescos son productos altamente perecederos. Su rica composición nutritiva, alto pH (5.5 - 6.5) y actividad de agua (0.98 - 0.99) les convierte en complejos ecosistemas susceptibles a la colonización y al desarrollo de un gran número y variedad de microorganismos alterantes y/o patógenos, que se transmiten por los alimentos. La *Listeria monocytogenes*, la *Salmonella enteritidis*, el *Staphylococcus aureus* y la *Escherichia coli* O157:H7, entre otros, provocan grandes problemas de seguridad alimentaria, afectando a consumidores, industrias y economías (Aymerich *et al.*, 2008).

La proliferación de microorganismos alterantes en la superficie de los productos cárnicos produce cambios de sabor, aroma y aspecto en los mismos pero, sobre todo, limita la calidad de los productos y provoca sustanciales pérdidas económicas en el sector (Campos *et al.*, 2010). En el mercado del producto cárnico fresco es importante tener en cuenta la necesidad de transporte y distribución de grandes cantidades de producto, desde los mataderos – plantas de producción y procesado, hasta los principales puntos de venta situados en los centros urbanos. Un largo proceso que implica una gran exposición del producto. Por ello, es de vital importancia para la industria buscar fórmulas que permitan aumentar la vida comercial de los productos cárnicos frescos y preservar su calidad y aspecto hasta su llegada al consumidor. Es por esta razón que la industria cárnica invierte grandes esfuerzos en investigación de procesos de conservación y envasado, avanzando en los ya consolidados y desarrollando nuevas tecnologías emergentes (Samelis, 2006).

Todas las tecnologías de conservación se desarrollan de cara a garantizar la seguridad del producto a lo largo de todo el almacenamiento. Pero también a preservar su apariencia natural, teniendo en cuenta que los consumidores ya no sólo demandan calidad, también que los productos tengan aspecto fresco, sabor y olor natural, sean cómodos en su preparación, tengan una larga duración y sean respetuosos con el medio ambiente y con los principios de economización de energía (Zhou *et al.*, 2010; Patsias *et al.*, 2008).

En la conservación de productos cárnicos frescos la tecnología que se emplea habitualmente en la industria combina la refrigeración con el envasado en atmósferas modificadas. Las nuevas tecnologías de conservación más investigadas recientemente están relacionadas con técnicas de inactivación microbiana no térmicas, como altas presiones hidrostáticas (Rivas-Cañedo *et al.*, 2009), radiación ionizante (Brewer, 2004), bioconservación (Zhang *et al.*, 2010), empleo de conservantes naturales y nuevos sistemas de envasado como el envasado activo (Nerín *et al.*, 2006; Coma, 2008). Además, basada en la tecnología de barreras múltiples, la conservación puede implicar la combinación de diferentes procesos antimicrobianos, de forma que se pueden alcanzar objetivos específicos en términos de calidad microbiológica (Aymerich *et al.*, 2008; Zhou *et al.*, 2010). Así, una de las tecnologías emergentes que pueden aplicarse en los productos cárnicos frescos es el empleo de películas y recubrimientos comestibles activos que funcionen como portadores de agentes antimicrobianos. Además, los recubrimientos pueden mejorar la calidad de los productos cárnicos frescos, procesados y congelados, mediante el retraso de la pérdida de humedad,

reduciendo la oxidación lipídica y la decoloración y mejorando la apariencia del producto (Gennadios *et al.*, 1997; Cutter, 2006 y Coma, 2008).

1. 2. Películas comestibles

1.2.1. Introducción

Un film o recubrimiento comestible es una capa continua y fina de material comestible, que se coloca sobre el alimento o bien separando distintos componentes del mismo; cuando la capa ha sido formada previamente a su aplicación sobre el alimento hablamos de film o película, sin embargo, cuando se forma directamente sobre el alimento, se trata de un recubrimiento (Fernández Pan, 2010)

El empleo de revestimientos o de embalajes comestibles no implica, por regla general, la supresión del embalaje no comestible, aunque se pueden emplear materiales de inferior calidad y menor costo. En realidad, las películas comestibles constituyen un parámetro complementario interesante y a veces irremplazable para el control de la calidad y estabilidad de muchos alimentos.

La aplicación más innovadora de las películas y recubrimientos comestibles (PRC) es su empleo como matrices portadoras de distintos ingredientes funcionales (antimicrobianos, antioxidantes, colorantes o mejoradores de textura entre otros) que mejoren la calidad de los alimentos y su funcionalidad (Martin-Belloso *et al.*, 2009). Durante la última década, la investigación sobre las PRC portadoras de agentes antimicrobianos definidos como aquellas sustancias capaces de afectar al desarrollo de los microorganismos, bien impidiendo su proliferación (bacteriostáticos o fungistáticos) o bien causando su muerte (bactericidas o fungicidas) se ha incrementado notablemente (Quintavalla y Vicini 2002; Coma, 2008; Daraba, 2008; Vargas *et al.*, 2008; Rojas-Graü *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2010).

La efectividad de las PRC que contienen agentes antimicrobianos reside en la lenta migración de sus agentes activos hacia la superficie del producto que recubren, ayudando al mantenimiento de altas concentraciones de ingrediente activo donde son necesarias (Quintavalla y Vicini, 2002; Kristo *et al.*, 2008). Es decir, presentan la capacidad de retener los agentes activos de interés en la red polimérica y controlar así su migración.

En la formulación de las películas además de seleccionar tipo de matriz y agente antimicrobiano compatibles entre sí y con el alimento, se deben considerar una serie de requisitos que incluyen estabilidad físico-química, no alteración de la presencia del producto, adecuadas cualidades sensoriales, eficaz barrera a los gases, propiedades mecánicas adecuadas, aplicación a partir de tecnología sencilla y el bajo costo de las materias primas y el proceso (Min y Krochta, 2005). Además, dado que la película o recubrimiento será ingerido con el alimento que protegen, todos los aditivos que lo componen deben cumplir y garantizar aquellos criterios de seguridad alimentaria que correspondan y que están establecidos en la legislación del país de aplicación correspondiente (Campos *et al.*, 2010).

Al igual que en muchos alimentos refrigerados, el crecimiento microbiano en la superficie de los productos es una de las principales causas responsables del deterioro en las

carnes y productos cárnicos (Devlieghere *et al.*, 2004). Una de las formas tradicionales de control del crecimiento microbiano en estos productos es la aplicación de antimicrobianos por inmersión o pulverización en la superficie del producto (Gennadios *et al.*, 1997; Quintavalla y Vicini 2002). Sin embargo, en estas aplicaciones la eficacia de las sustancias antimicrobianas está limitada debido a su migración incontrolada al interior de los alimentos y su parcial inactivación debido a interacciones con los componentes de los alimentos (Quintavalla y Vicini, 2002). Las películas y recubrimientos comestibles antimicrobianos en productos cárnicos se presentan como una tecnología prometedora tanto para aumentar la seguridad alimentaria como para aumentar la vida útil comercial de los productos ya que los agentes inhibidores del desarrollo microbiano además de ser seleccionados y dirigidos específicamente para actuar frente a los contaminantes del postprocesado, pueden ser retenidos en dosis efectivas en la superficie de los productos a lo largo del almacenamiento (Ustunol, 2009).

Se han desarrollado una gran variedad de películas comestibles con diferentes agentes antimicrobianos incorporados basadas a su vez en diferentes hidrocoloides como proteína aislada de suero lácteo (WPI) (Royo *et al.*, 2010), proteína aislada de soja (SPI) (Atarés *et al.*, 2010), alginato (Rojas-Graü *et al.*, 2007), almidón (Maizura *et al.*, 2008), y quitosano (Sánchez-González *et al.*, 2010) entre otros.

1.2.2. Funciones de las películas

Las películas desempeñan una doble función; de embalaje y como constituyentes del alimento para lo cual han de cumplir una serie de condiciones, como son (Greener, 1992; Anker, 1996):

- Buenas propiedades sensoriales y organolépticas, compatibles con la naturaleza del alimento.
- Solubilidad y dispersabilidad en su preparación y posterior consumo.
- Propiedades mecánicas y protectoras adecuadas.
- Estabilidad suficiente.
- Buena adhesión a la superficie del alimento.
- Requerimientos sencillos de tecnología
- Cumplimiento de la reglamentación alimentaria.
- No toxicidad.

Las películas y recubrimientos comestibles pueden mantener la calidad de un alimento actuando como barrera a la humedad, al oxígeno, a los aceites y a la migración de aromas entre el alimento y el exterior (Gennadios *et al.*, 1997) o entre componentes de un sistema alimentario heterogéneo. Un envase tradicional, sin el uso de recubrimientos comestibles, no podría evitar este tipo de migraciones.

Además del control de la transferencia de materia entre el alimento y el medio, los recubrimientos comestibles pueden tener otras aplicaciones como soporte de aditivos (agentes antimicrobianos, antioxidantes,...) es la que tiene mayor potencial en alargar la vida comercial de los alimentos, ya que se pueden controlar fenómenos indeseables que se producen con mayor intensidad en la superficie de los alimentos, tales como el crecimiento microbiano, el enraiciamiento oxidativo, el pardeamiento enzimático...

1.2.3. Extractos de plantas

En el desarrollo de películas comestibles antimicrobianas existe una tendencia a seleccionar formulaciones basadas en compuestos naturales con el fin de satisfacer las demandas de los consumidores de alimentos saludables y libres de aditivos químicos (Devlieghere *et al.*, 2004). Así, los AEs y los extractos de plantas y especias son los compuestos antimicrobianos naturales más demandados. Los aceites esenciales se definen como la mezcla de sustancias volátiles insolubles en agua, destiladas o extraídas a partir de material vegetal (flores, brotes, semillas, hojas, ramas, cortezas, hierbas, madera, frutas y raíces de vegetales). Aunque los AEs tienen reconocidas propiedades antioxidantes y/o antimicrobianas su aplicación en la industria alimentaria como antimicrobianos naturales es relativamente reciente (Burt, 2004). Existe abundante evidencia científica en relación con la eficacia de diferentes fracciones de AEs de muchas especias y plantas como activos antimicrobianos, antifúngicos y antivirales (Burt, 2004; Tripathi *et al.*, 2008; Tiwari *et al.*, 2009).

Los AEs procedentes de plantas como tomillo, clavo, canela, ajo, romero, salvia y orégano entre otros han presentado actividad como antimicrobianos naturales frente a géneros de gran interés alimentario, bacterias alterantes y/o patógenas, así como frente a mohos o levaduras (Burt, 2004).

Los AEs y sus constituyentes tienen un amplio espectro de acción antimicrobiana, donde la composición específica de cada AE así como la estructura y grupos funcionales de sus componentes juegan un papel fundamental en su grado de reactividad. La composición química de los AEs es compleja y depende en gran parte de la parte de la planta seleccionada para la extracción, el momento y temporada de la cosecha y su origen geográfico. Los principales componentes de los AEs son sustancias fenólicas, que además son las responsables conferir actividad antimicrobiana (Burt, 2004). Sin embargo, se ha informado de que otros componentes menores tienen una influencia crítica en la actividad antimicrobiana y antioxidante, actuando sinérgicamente con otros componentes (Nakatsu *et al.*, 2000; van Vuuren y Viljoen, 2007).

A pesar de su reconocida actividad, los AEs presentan algunas desventajas como su relativa inestabilidad biológica y química, su reducida solubilidad en el agua y su potencial mala distribución en las matrices alimentarias. Uno de los problemas que se plantea cuando se recurre a la aplicación directa de estos AEs reside en que para la obtención de los efectos inhibitorios que caracterizan a estos antimicrobianos naturales se necesitan elevadas concentraciones que pueden alterar las características sensoriales de los productos sobre los que son añadidos. Esta limitación puede superarse, potencialmente, a través del control de su liberación desde una matriz polimérica adecuada diseñada como recubrimiento comestible.

Muchos de los estudios que investigan la acción de los AEs contra microorganismos alterantes y patógenos de los alimentos están de acuerdo en que en general las bacterias Gram-positivas resultan más sensibles al efecto antimicrobiano de los AEs que las bacterias Gram-negativas (Burt, 2004; Zivanovic *et al.*, 2005; Coma, 2008; Pelissari *et al.*, 2009). Esta diferencia de sensibilidad está relacionada con las diferencias en la estructura de la pared celular y la presencia de la membrana externa adicional que rodea la pared celular de las bacterias Gram-negativas (Burt, 2004).

En las bacterias Gram-positivas el componente mayoritario de su pared celular es peptidoglicano y pocas proteínas. En bacterias Gram-negativas, la pared celular es más delgada pero más compleja y presenta diferentes contenidos en polisacáridos, proteínas y lípidos, además de peptidoglicano (Pranoto *et al.*, 2005). El efecto antimicrobiano de los compuestos fenólicos de los AEs reside en su ataque a la integridad de la membrana celular fosfolipídica, lo que causa un incremento en la permeabilidad que provoca la liberación de los constituyentes celulares, una disminución de la producción de ATP en las células y la disminución del pH intracelular (Zivanovic *et al.*, 2005; Oussalah *et al.*, 2006). Así, la resistencia de bacterias Gram-negativas a los AE probablemente recaiga en el juego protector de su pared celular de lipopolisacáridos que restringe la difusión de los compuestos hidrofóbicos de los AEs a través de su cubierta de lipopolisacáridos.

Para aplicaciones sobre productos cárnicos, entre los AEs más efectivos se reconocen a los procedentes de diferentes tipos de tomillo y orégano, lo que puede atribuirse a su fuerte contenido en los compuestos fenólicos carvacrol y/o timol (Burt, 2004; Oussalah *et al.*, 2004; Oussalah *et al.*, 2006).

Debido a la gran efectividad antimicrobiana que presenta, el AE de orégano se ha estudiado ampliamente, se ha incorporado en diferentes matrices y evaluado frente a diferentes patógenos alimentarios de forma que éste AE se está convirtiendo en una referencia. Así, Royo *et al.* (2010) desarrollaron películas comestibles (PC) basadas en WPI con AE de orégano incorporado capaces de inhibir el desarrollo de *L. innocua*, *S. enteritidis* y *S. aureus*. Pelissari *et al.* (2009) desarrollaron PC basadas en almidón con AE de orégano que se presentaron eficaces frente a *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli*, y *S. enteritidis*, que resultaron más eficaces frente las cepas de bacterias Gram-positivas que frente a *E. coli* y *S. enteritidis*, Gram-negativas. Emiroglu *et al.* (2010) desarrollaron PC basadas en SPI que incorporaban concentraciones crecientes de AE de orégano o tomillo (1-5%). Al evaluarlas frente a *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *L. plantarum*, obtuvieron resultados similares independientemente del AE incorporado. Así mismo, demostraron actividad antimicrobiana creciente en función de la concentración frente a las 5 cepas a partir de la mínima concentración de AE incorporado. Las cepas de *P. aeruginosa* y *L. plantarum* resultaron más resistentes al efecto inhibitor de las películas. Min y Oh (2009) observaron mayor efecto inhibitorio para PC de gelatina de pescado con AE de orégano frente a *S. typhimorium* que frente a *E. coli* O157:H7.

Rojas-graü *et al.* (2006) desarrollaron películas de puré de manzana que incorporaban AE de orégano, lemongrass o canela. La actividad antimicrobiana de las películas comestibles y

de las soluciones formadoras basadas en orégano resultó significativamente mayor que las actividades mostradas por canela o lemongrass frente la cepa patógena *E. coli* O157:H7. Maizura *et al.* (2007) desarrollaron PC basadas en almidón parcialmente hidrolizado y alginato que incorporaban AE de lemongrass, que también resultaron efectivas frente *E. coli* O157:H7.

Zivanovic *et al.* (2005) desarrollaron películas de quitosano enriquecidas con AEs de anís, albahaca, cilantro y orégano, y las evaluaron *in vitro* frente a los patógenos *L. monocytogenes* y *E. coli* O157:H7. Las películas más activas resultaron las que incorporaban AE de orégano seguidas por las de AE de cilantro, albahaca y finalmente anís. Seydim y Sarikus (2006) desarrollaron PC basadas en WPI con AE de orégano, romero o ajo (1-4%) y evaluaron su efectividad frente a *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* y *L. plantarum*. Las PC que contenían AE de romero no resultaron efectivas en ningún caso. Por otra parte, las películas que contenían el AE de orégano al 2% resultaron efectivas frente a las 5 cepas, mientras que se necesitaron concentraciones del 3% para obtener películas eficaces con el AE de ajo. El AE de ajo incorporado en PC de quitosano también mostró actividad frente *E. coli*, *S. aureus*, *S. typhimorium*, *L. monocytogenes* y *B. cereus* (Pranoto *et al.*, 2005a). El AE de ajo, esta vez incorporado en películas de alginato para concentraciones superiores al 0.2% también mostraron actividad antibacteriana frente *S. aureus* y *B. cereus* (Pranoto *et al.*, 2005b).

Tras la comprobación de la actividad antimicrobiana de los AE en ensayos de laboratorio una variedad de ellos se han aplicado en sistemas alimentarios, productos cárnicos reales. Así, Zivanovic *et al.* (2005) evaluaron la actividad antimicrobiana de las películas de quitosano y de quitosano enriquecido con el AE de orégano en mortadela previamente inoculada con *L. monocytogenes* y *E. coli* O157:H7. Tanto las películas de quitosano sólo como las enriquecidas con AE mostraron eficacia frente a los dos patógenos, resultando más activas las que contenían el AE. Emiroglu *et al.* (2010) evaluaron los efectos de películas comestibles basadas en SPI que contenían orégano o tomillo al 5% y una mezcla de ambos en hamburguesas de carne de vacuno picada durante su almacenamiento durante 12 días en refrigeración (4°C) envasadas a vacío. Las películas aplicadas sobre hamburguesas resultaron eficaces frente a los grupos de coliformes y *Pseudomona spp.* aunque no se presentaron efectivas significativamente sobre los microorganismos viables totales, bacterias ácido-lácticas ni sobre *Staphylococcus spp.*

Zinoviadou *et al.* (2009) indicaron la eficacia de las películas basadas en WPI con AE de orégano para inhibir el crecimiento de la microflora alterante de la carne de vacuno fresca mantenida en refrigeración (5 °C). Comprobaron que la máxima velocidad específica de crecimiento de los viables totales y *Pseudomona spp.* resultaron significativamente reducidos con el empleo del 1.5% de AE. Además, el desarrollo de bacterias ácido-lácticas resultaba completamente inhibido. Gill *et al.* (2002) desarrollaron geles de gelatina que incorporaban cilantro provocando una reducción de 1.3 unidades logarítmicas en la población de *L. monocytogenes* inoculado en jamón cocido envasado a vacío tras una semana de almacenamiento. Hosseini *et al.* (2008) desarrollaron PC basadas en quitosano que incorporaban AE de tomillo o clavo como agentes antimicrobianos y EDTA como agente quelante. Comprobaron el efecto sinérgico que los antimicrobianos y el agente quelante

presentaban contra *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *S. enteritidis* y *P. aeruginosa*. Las películas se presentaron activas frente a las cuatro bacterias patógenas. Los films de quitosano que incorporaban AE de tomillo produjeron mayores zonas de inhibición que los que incorporaban AE de clavo para la misma concentración presente en cada PC, lo que se atribuyó al diferente nivel de actividad antimicrobiana de los AEs. Además, también observaron que resultaron más efectivos contra los géneros de bacterias Gram-positivas que Gram-negativas. Entre las bacterias estudiadas, *P. aeruginosa* y *L. monocytogenes* resultaron la más resistente y susceptible respectivamente al efecto de los AEs.

Ravishankar *et al.* (2009) trabajaron con los compuestos activos aislados de los AE de orégano y canela. Así, evaluaron la eficacia antimicrobiana de PC basadas en puré de manzana que contenían 1.5 y 3% de carvacrol o cinamaldehído sobre la superficie de pechuga de pollo, previamente inoculada con *S. enterica* o *E. coli* O157:H7 y por otra parte, sobre jamón cocido inoculado con *L. monocytogenes*. Las películas que contenían carvacrol resultaron significativamente más efectivas que las que contenían cinamaldehído.

De todas estas investigaciones se puede deducir que la actividad antimicrobiana de las películas que incorporan AEs en su formulación es función de al menos, el tipo de matriz estructural, el tipo de AE y su concentración, de la bacteria diana, del alimento sobre el que se aplica y de la interacción de estos factores.

Oussalah *et al.* (2004; 2006; 2007) realizaron diferentes trabajos a partir de los cuales se puede evaluar el efecto del hidrocoloide formador de la matriz estructural, tipo de AE incorporado, pretratamiento de formación de las películas, tipo de alimento y microorganismos diana. Oussalah *et al.* (2004) desarrollaron películas comestibles basadas en proteínas lácteas que contenían 1% de AE de orégano o pimienta y una mezcla 1:1 de ambos AEs para controlar el crecimiento de *E. coli* O157:H7 y *Pseudomonas spp.* (mezcla de 3 cepas: *P. putida*, *P. fluorescens* y *P. fragi*) inoculadas en la superficie de lonchas de carne de vacuno a lo largo de 7 días de almacenamiento a 4°C. Las PC resultaron efectivas, reduciendo significativamente la carga microbiana de la carne tras 7 días de almacenamiento. Las películas que contenían el AE de orégano resultaron más efectivas. Por otra parte, las PC que contenían la combinación de AE de orégano y pimienta resultaron más eficaces frente al crecimiento de *E. coli* O157:H7 que las películas basadas únicamente en AE de pimienta. Frente al crecimiento de *Pseudomonas spp.* no detectaron diferencias de efectividad entre las películas que contenían AE de pimienta o la combinación de AEs.

Oussalah *et al.* (2006; 2007) desarrollaron PC basadas en alginato insolubilizado con diferentes concentraciones de CaCl₂ e incorporaron como agentes antimicrobianos AE de orégano, canela o ajedrea al 1% (p/v). Las películas se dispusieron como matrices sólidas sobre lonchas de mortadela, jamón cocido o carne de vacuno que previamente habían sido esterilizadas por irradiación e inoculadas con diferentes patógenos: *L. monocytogenes* o *S. typhimorium* sobre mortadela y jamón cocido y *E. coli* O157:H7 o *S. typhimorium* sobre carne de vacuno todos ellos en una concentración de 10³ cfu/cm².

Las películas resultaron eficaces frente al crecimiento de los patógenos a lo largo de 5 días de almacenamiento a 4°C, de forma que las películas que contenían AEs redujeron

significativamente el contenido en *L. monocytogenes* y *S. typhimorium* sobre lonchas de mortadela y el contenido en *S. typhimorium* sobre jamón cocido independientemente del tratamiento de insolubilización con CaCl_2 aplicado. La cepa de *L. monocytogenes* inoculada en jamón cocido resultó muy resistente al efecto antimicrobiano de las películas, de forma que únicamente las películas que incorporaban AE de canela fueron capaces de reducir su contenido (en 0.65 unidades logarítmicas) al final del almacenamiento. Las películas que incorporaron AE de orégano resultaron más efectivas frente al crecimiento *E. coli* O157:H7 sobre carne de vacuno que las que incorporaban los aceites de canela o ajedrea. Frente al desarrollo de *S. typhimorium* sobre carne de vacuno las películas que contenían orégano o canela resultaron las más efectivas.

1.3. Efecto de recubrimientos sobre calidad del pollo

Uno de los grandes problemas con los que se encuentra la industria cárnica a la hora de colocar sus productos frescos en el mercado es el carácter perecedero de los mismos. La vida útil del producto cárnico es corta, debido a su riqueza en nutrientes y a su exposición a microorganismos durante todo el proceso (desde el sacrificio, pasando por la manipulación y el almacenamiento). De ahí que uno de los objetivos fundamentales de la industria cárnica sea buscar vías de control de la contaminación y de la velocidad de desarrollo microbiano, para así poder alargar la vida útil del producto y aumentar sus posibilidades de consumo entre los consumidores finales.

Dentro de los productos cárnicos frescos, la carne de pollo es uno de los más consumidos en todo el mundo y su consumo ha ido en aumento en los últimos años. Esto se debe a varias razones, como la gran variedad de productos de carne de pollo disponibles en el mercado, su alto valor nutricional, su bajo contenido en grasa y su precio ajustado, razones todas que lo convierten en un producto altamente atractivo para el consumidor.

Para alargar la vida útil de los productos cárnicos comercializados en fresco, uno de los métodos más empleados es la conservación mediante refrigeración, pero éste no consigue alargar sustancialmente la vida útil de los mismos; en el caso específico de la carne de pollo su vida no se extiende más allá de los 4 ó 5 días.

Por este motivo, la industria cárnica ha de recurrir al uso de otras técnicas, que le permitan controlar la alteración de los productos cárnicos frescos y, finalmente, incrementar su vida útil y como consecuencia, su presencia en el mercado. La radiación, la aplicación de altas presiones hidrostáticas, el envasado activo y el aprovechamiento de efectos combinados mediante el empleo de tecnología de barreras múltiples son las técnicas más usadas.

En paralelo, la industria cárnica trabaja en diversas vías de investigación y desarrollo de técnicas que le ayuden a seguir reduciendo el carácter perecedero de los productos cárnicos frescos e incrementar su vida útil y, consecuentemente, sus posibilidades de consumo, como son la adición de bioconservantes y antimicrobianos naturales.

Entre las pruebas realizadas en los últimos años sobre carne fresca destaca el desarrollo de películas comestibles (basadas en diferentes elementos, como puré de manzana o k-carragenato, entre otros) sobre pechuga de pollo; estas películas sirven para inactivar la microflora natural alterante del pollo y aumentan considerablemente su vida útil, respecto a las pechugas no tratadas.

En el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles antimicrobianos dirigidos a incrementar la Seguridad Alimentaria se emplean generalmente como dianas microbianas los patógenos *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. enteritidis*, *S. typhimurium* y *S. aureus* debido a que son los responsables de los mayores desastres relacionados con la seguridad, no sólo de productos cárnicos. La evaluación de la efectividad se realiza normalmente en dos etapas:

La primera, comprueba a través de ensayos *in vitro* la eficacia de las películas y recubrimientos desarrollados frente a las cepas patógenas aisladas, a través de diferentes métodos de detección como el método de difusión en agar (Seydim y Sarikus, 2006; Royo *et al.*, 2010). En una segunda etapa se comprueba su eficacia al inocular las cepas en un sistema alimentario real, que por lo general ha sido previamente esterilizado en superficie por irradiación. Normalmente la eficacia de las películas se comprueba a través de las diferencias en los recuentos de bacterias expresadas como log (ufc/g) respecto a muestras no inoculadas a lo largo del almacenamiento (Oussalah *et al.*, 2006; Oussalah *et al.*, 2007).

Así, recientemente se han desarrollado películas comestibles que incorporan fundamentalmente AE de orégano como agente antimicrobiano. Emiroglu *et al.* (2010) desarrollaron películas basadas en proteína aislada de soja que incorporaban concentraciones crecientes de AE de orégano o tomillo eficaces frente a *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *L. plantarum*. Demostraron actividad antimicrobiana creciente en función de la concentración frente a las 5 cepas donde *P. aeruginosa* y *L. plantarum* resultaron más resistentes al efecto inhibidor de las películas. Seydim y Sarikus (2006) desarrollaron películas basadas en WPI con AE de orégano y también romero o ajo (1-4%) y evaluaron su efectividad frente a *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes* y *L. plantarum*. Aquellas películas que contenían AE de romero no resultaron efectivas en ningún caso. Por otra parte, las películas que contenían el AE de orégano al 2% resultaron efectivas frente a las 5 cepas, mientras que se necesitaron concentraciones del 3% para obtener películas eficaces con el AE de ajo. El AE de ajo incorporado en matrices de quitosano también mostró actividad frente *E. coli*, *S. aureus*, *S. typhimorium*, *L. monocytogenes* y *B. cereus* (Pranoto *et al.*, 2005). El AE de ajo, esta vez incorporado en películas de alginato para concentraciones superiores al 0.2% también mostraron actividad antibacteriana frente *S. aureus* y *B. cereus* (Pranoto *et al.*, 2005b).

De la misma forma, Royo *et al.* (2010) desarrollaron películas comestibles basadas en WPI que cuando contenían aceite esencial de orégano en su formulación resultaban efectivas frente a *L. innocua*, *S. enteritidis* y *S. aureus*, mientras que al incorporar aceite esencial de salvia no se detectaba ningún efecto frente a las mismas cepas. Pelissari *et al.* (2009) desarrollaron películas basadas en almidón con AE de orégano que se presentaron eficaces frente a cepas de bacterias gram-positivas que frente a las gram-negativas *E. coli* y *S. enteritidis*.

Recientemente, en el grupo de investigación ALITEC de la Universidad Pública de Navarra, Fernández-Pan (2011) en su tesis doctoral evaluó a través del método de difusión en agar la actividad antimicrobiana de películas comestibles basadas en WPI con concentraciones crecientes (0.5-9%) de 8 diferentes AEs: orégano, clavo, árbol de té, cilantro, tomillo blanco, laurel, romero o salvia. Empleó inóculos de 107 ufc/ml de cuatro cepas bacterianas, dos gram-positivas, *Listeria innocua* y *Staphylococcus aureus*, y dos gram-negativas, *Salmonella enteritidis* y *Pseudomonas fragi*, seleccionadas por su importancia en la industria cárnica por su capacidad alterante o patógeno.

La actividad de las películas comestibles resultó función del tipo y concentración del aceite esencial incorporado. Las películas comestibles que incorporaban orégano o clavo presentaron actividad antimicrobiana significativa a partir de concentraciones del 1 y 2% respectivamente y frente a las cuatro cepas bacterianas empleadas. La cepa bacteriana menos susceptible al efecto de estas películas fue en todos los casos la gram-negativa *P. fragi*. Por otra parte, las películas que incorporaban AE de salvia no resultaron activas frente a ninguna cepa y aquellas películas que incorporaban AEs de árbol del té, cilantro, tomillo blanco, laurel o romero mostraron actividad antimicrobiana frente *L. innocua* y *P. fragi*, siempre para un rango de concentraciones comprendido entre el 5 y 9%. Estas formulaciones en ningún caso mostraron actividad frente a los patógenos *S. aureus* y *S. enteritidis*.

Tras la comprobación de la actividad antimicrobiana de las películas en ensayos *in vitro* frente a patógenos alimentarios, existen diferentes trabajos de aplicación de películas sobre productos cárnicos inoculados con diferentes cepas patógenas. Así, Zivanovic *et al.* (2005) evaluaron la actividad antimicrobiana de las películas de quitosano y de quitosano enriquecido con aceite esencial de orégano en mortadela previamente inoculada con *L. monocytogenes* y *E. coli* O157:H7. Tanto las películas de quitosano como las enriquecidas se mostraron eficaces frente a los patógenos, resultando más activas las que contenían el aceite esencial. Emiroglu *et al.* (2010) evaluaron los efectos de películas comestibles basadas en SPI que contenían orégano o tomillo al 5% y una mezcla de ambos en hamburguesas de carne de vacuno picada durante su almacenamiento durante 12 días en refrigeración (4 °C) envasadas a vacío. Las películas aplicadas sobre hamburguesas resultaron eficaces frente a los grupos de coliformes y *Pseudomona* spp. aunque no se presentaron efectivas significativamente sobre los microorganismos viables totales, bacterias ácido-lácticas ni sobre *Staphylococcus* spp.

Gill *et al.* (2002) desarrollaron geles de gelatina que incorporaban cilantro provocando una reducción de 1.3 unidades logarítmicas en la población de *L. monocytogenes* inoculado en jamón cocido envasado a vacío tras una semana de almacenamiento. Ravishankar *et al.* (2009) trabajaron con los compuestos activos aislados de los AE de orégano y canela. Así, evaluaron la eficacia antimicrobiana de películas basadas en puré de manzana que contenían 1.5 y 3% de carvacrol o cinamaldehído sobre la superficie de pechuga de pollo, previamente inoculada con *S. enterica* o *E. coli* O157:H7 y por otra parte, sobre jamón cocido inoculado con *L. monocytogenes*. Las películas que contenían carvacrol resultaron significativamente más efectivas que las que contenían cinamaldehído.

Oussalah *et al.* (2004; 2006; 2007) realizaron diferentes trabajos a partir de los cuales se puede evaluar el efecto del hidrocoloide formador de la matriz estructural, tipo de aceite esencial incorporado, pretratamiento de formación de las películas, tipo de alimento y microorganismos diana. Oussalah *et al.* (2004) desarrollaron películas comestibles basadas en proteínas lácteas que contenían 1% de orégano o pimiento y una mezcla 1:1 de ambos aceites para controlar el crecimiento de *E. coli* O157:H7 y *Pseudomona* spp. inoculadas en la superficie de lonchas de carne de vacuno a lo largo de 7 días de almacenamiento a 4 °C. Las películas presentaron diferentes grados de efectividad, reduciendo significativamente la carga microbiana de la carne tras 7 días de almacenamiento. Oussalah *et al.* (2006; 2007) desarrollaron películas comestibles basadas en alginato con aceites de orégano, canela o

ajedrea al 1% (p/v). Las películas se dispusieron sobre lonchas de mortadela, jamón cocido o carne de vacuno que previamente habían sido inoculadas con diferentes patógenos: *L. monocytogenes* o *S. typhimorium* sobre mortadela y jamón cocido y *E. coli* O157:H7 o *S. typhimorium* sobre carne de vacuno todos ellos en una concentración de 103 cfu/cm².

Las películas resultaron eficaces frente al crecimiento de los patógenos a lo largo de 5 días de almacenamiento a 4 °C, de forma que las películas que contenían AEs redujeron significativamente el contenido en *L. monocytogenes* y *S. typhimorium* sobre lonchas de mortadela y el contenido en *S. typhimorium* sobre jamón cocido. La cepa de *L. monocytogenes* inoculada en jamón cocido resultó muy resistente al efecto antimicrobiano de las películas, de forma que únicamente las películas que incorporaban AE de canela fueron capaces de reducir su contenido (en 0.65 unidades logarítmicas) al final del almacenamiento. Las películas que incorporaron AE de orégano resultaron más efectivas frente al crecimiento *E. coli* O157:H7 sobre carne de vacuno que las que incorporaban los aceites de canela o ajedrea. Frente al desarrollo de *S. typhimorium* sobre carne de vacuno las películas que contenían orégano o canela resultaron las más efectivas.

En el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles antimicrobianos dirigidos al mantenimiento de la calidad y aumento de la vida útil de los productos cárnicos, las principales dianas microbianas empleadas pertenecen a *Pseudomona* spp. ya que son los responsables directos más comunes del daño de productos cárnicos almacenados a bajas temperaturas. El grupo de bacterias ácido-lácticas también son una diana fundamental puesto que se reconocen como la microflora resistente y predominante en los productos envasados a vacío en condiciones de refrigeración (Emiroglu *et al.*, 2010). Los ensayos de efectividad antimicrobiana de las películas desarrolladas se realizan normalmente a través de la caracterización cuantitativa y cualitativa de la microflora que se desarrolla a lo largo del almacenamiento de los productos cárnicos recubiertos en comparación con muestras control no tratadas (Zinoviadou *et al.*, 2009). Así, recientemente Zinoviadou *et al.* (2009) indicaron la eficacia de las películas basadas en WPI con aceite esencial de orégano capaces de inhibir el crecimiento de la microflora alterante de la carne de vacuno fresca mantenida en refrigeración (5 °C). Así mismo, comprobaron que la máxima velocidad específica de crecimiento de viables totales y *Pseudomona* spp. resultaron significativamente reducidos con el empleo de películas enriquecidas con un 1.5% de AE. Además, el desarrollo de bacterias ácido-lácticas resultaba completamente inhibido.

Fernández-Pan (2011) desarrolló un protocolo de análisis in vitro dirigido a evaluar el potencial antimicrobiano de películas comestibles previo a su aplicación en los productos cárnicos. Detectó la eficacia antimicrobiana de películas basadas en WPI con aceites esenciales sobre la microflora bacteriana desarrollada durante diferentes periodos de tiempo de almacenamiento de pechuga de pollo sin piel. Así, evaluó la eficacia in vitro de las películas que incorporaban AE de orégano o clavo (0.5 – 3%) a través de ensayos basados en el método de difusión en agar frente a inóculos bacterianos obtenidos a través del lavado de la microflora desarrollada a lo largo de los días 1,3, 5 y 7 de almacenamiento a 4 °C de la pechuga de pollo. La eficacia de las películas se determinó tanto frente a la microflora general como seleccionada a través del empleo de medios de cultivo selectivos.

Las películas mostraron efectividad antimicrobiana selectiva frente a los grupos bacterianos de mesófilos aerobios totales, enterobacterias, bacterias ácido-lácticas y *Pseudomona* spp. Las películas basadas en el aceite de orégano presentaron mayores superficies de inhibición que las basadas en el de clavo, y el grupo microbiano más susceptible al efecto de las películas resultó el de enterobacterias.

Conocido el efecto de las películas *in vitro*, Fernández-Pan (2011) desarrolló recubrimientos comestibles basados en WPI y aceites esenciales para mejorar la calidad microbiológica de la pechuga de pollo fresca sin piel durante su almacenamiento en refrigeración. Estos recubrimientos se presentaron como una segunda piel insoluble, homogénea, continua y estable sobre la pechuga de pollo. Determinó el efecto producido por los recubrimientos, que contenían aceite esencial de orégano o clavo al 1 ó 2% sobre la evolución microbiológica de bacterias mesófilas y psicrótrofas aerobias totales, enterobacterias, bacterias ácido-lácticas y *Pseudomona* spp.

El efecto antimicrobiano de los recubrimientos resultó variable en función del tipo de aceite incorporado, de la concentración y del grupo microbiano analizado. Los grupos de bacterias ácido-lácticas y *Pseudomona* spp. resultaron los más resistentes al efecto de los recubrimientos, mientras que el de enterobacterias resultó el grupo de mayor sensibilidad.

El efecto antimicrobiano ejercido por los recubrimientos basados en orégano se observó desde el tercer día de almacenamiento para bacterias aerobias mesófilas y psicrótrofos totales así como para enterobacterias. Frente a los grupos psicrótrofos de *Pseudomona* spp. y bacterias ácido-lácticas estos recubrimientos se hicieron efectivos a partir del sexto día de almacenamiento. Los recubrimientos que incorporaban orégano al 2% presentaron la máxima eficacia frente a todos los grupos microbianos analizados. Por el contrario, los recubrimientos que incorporan el AE de clavo al 1% presentaron la menor eficacia antimicrobiana en todos los casos, y su aumento de concentración al 2% supuso la diferencia entre la existencia o no de efectividad del recubrimiento con clavo.

Existen una serie de grupos microbianos cuya evaluación indica la calidad microbiológica así como la posible vida comercial del producto. En el caso del pollo, embandejado en condiciones aerobias y almacenado en refrigeración, los principales indicadores son la microflora mesófila aerobia total y dentro de la microflora psicrótrofa, *Pseudomona* spp. es el principal grupo de bacterias indicadoras y responsables del deterioro. Así, los criterios microbiológicos recomendados en la comercialización de productos cárnicos frescos refrigerados proponen un límite de 10⁶ ufc/g para mesófilas aerobias totales, 10⁷ ó 10⁸ ufc/g para *Pseudomona* spp. y 10⁸ ufc/g para bacterias ácido-lácticas (Mead, 2004). Cuando el contenido en *Pseudomona* spp. alcanza estos límites provoca la aparición de malos olores, limosidad superficial y lipólisis de la fracción grasa. Aunque es fuente de mayor preocupación en los productos envasados a vacío, el crecimiento de bacterias ácido-lácticas para contenidos de 10⁸ ufc/g provoca olores o sabores ácidos y agrios.

Con la aplicación de los recubrimientos activos desarrollados por Fernández-Pan (2011) se obtuvo un efecto bacteriostático sobre el desarrollo de los tres grupos indicadores de calidad microbiológica. Las muestras recubiertas mantuvieron los contenidos en bacterias

aerobias mesófilas totales, ácido-lácticas y *Pseudomona* spp. (ufc/g) por debajo del límite aconsejado durante más tiempo de almacenamiento que las muestras no recubiertas, lo que permitiría aumentar la vida comercial de las pechugas de pollo.

De acuerdo con los valores recomendados como contenidos límite (ufc/g) de bacterias aerobias mesófilas totales, ácido-lácticas y *Pseudomona* spp., la duración del almacenamiento de las muestras control (no recubiertas) no podría superar los 6 días debido al desarrollo de *Pseudomona* spp. Los recubrimientos que contenían el aceite esencial de orégano al 1% no aumentaron este tiempo de almacenamiento puesto que no se presentó eficaz frente a *Pseudomona* spp. tras 6 días de almacenamiento. Para los recubrimientos que contenían AE de clavo al 1 ó 2% el tiempo de almacenamiento se aumentó a 8 días, donde la limitación de nuevo la presentó en ambos casos el desarrollo en *Pseudomona* spp. El recubrimiento con orégano al 2% resultó el más efectivo de todos puesto que presentó contenidos inferiores a los límites para los tres grupos bacterianos durante 13 días de almacenamiento.

Teniendo en cuenta que por lo general la vida comercial de los productos cárnicos frescos se sitúa en torno a los 4-8 días en función del sistema de conservación empleado (Mead, 2004; Chouliara *et al.*, 2008; Guerrero-Lerragueta, 2009) principalmente atmósfera modificada y refrigeración, la aplicación de los recubrimientos comestibles que incorporan AE de orégano al 2% puede suponer un fuerte avance para la conservación de estos productos.

1.4. Análisis sensorial

1.4.1. Introducción

La valoración sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia y que le lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o a rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos (J. Sancho *et al.*, 1999).

Habitualmente se determinan instrumentalmente las características físicas de la carne (color, textura, capacidad de retención de agua, pH), así como las de la grasa. Pero todas estas características de textura y de jugosidad de la carne, determinadas instrumentalmente, carecen de valor si no van refrendadas por el análisis sensorial, ya que este refleja realmente lo que se experimenta durante su consumo. Por ello es necesario realizar un análisis sensorial descriptivo cuantitativo, con un jurado de catadores entrenados.

La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor obliga a que, de una forma u otra, se intente conocer cuál será el juicio crítico del consumidor en la valoración sensorial que realizará del producto alimentario. Es evidente la importancia que, para el técnico en la industria alimentaria tiene el disponer de sistemas y herramientas que le permitan conocer y valorar las cualidades organolépticas del producto que elabora, y la repercusión que los posibles cambios en su elaboración o en los ingredientes puedan tener en las cualidades finales (J. Sancho *et al.*, 1999).

Las características organolépticas percibidas por los órganos sensoriales son propiedades físicas y químicas que pueden ser medidas por aparatos apropiados, pero cuando son percibidas por los órganos de los sentidos, con frecuencia más sensibles, deben analizarse metódicamente e interpretarse objetivamente.

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir *sentido*. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea: sus cinco sentidos.

El análisis sensorial se define como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos de la vista, olfato, tacto, gusto y oído (Stone y Sidel, 1993).

Esta definición recoge las cuatro tareas principales que lleva a cabo el análisis sensorial: identificar, medir científicamente, analizar e interpretar.

En primer lugar, al análisis sensorial tiene que proporcionar los medios adecuados para que las características organolépticas de un producto puedan ser identificadas, lo que implica minimizar en la medida de lo posible el riesgo de que se produzcan “interferencias”. Estas interferencias pueden ser de muy diversa procedencia; por ejemplo, se ha observado que mostrar la marca comercial del producto durante la valoración, que los jueces compartan opiniones entre sí, que las muestras sean codificadas con números enteros del 1 al 10 ó incluso

el orden de presentación de las muestras influye notablemente en la valoración de los productos. Por ello, el análisis sensorial proporciona directrices y protocolos elaborados para minimizar las interferencias y así identificar correctamente las características organolépticas de los productos (Lawless y Heymann, 1998).

En segundo lugar, el análisis sensorial ha de medir científicamente las respuestas proporcionadas por los jueces. En efecto, no basta con formular preguntas a los jueces, sino que sus respuestas tienen que ser medibles. El análisis sensorial es una ciencia cuantitativa donde se recogen datos numéricos para establecer las relaciones específicas que puedan existir entre las características de un producto y su percepción por las personas (Lawless y Heymann, 1998).

Por otro lado, el análisis sensorial ha de ser capaz de analizar los datos obtenidos. Este es uno de los conceptos fundamentales del análisis sensorial, ya que los datos obtenidos por observadores humanos son extremadamente variables.

Se considera, por tanto, que el análisis sensorial se dirigirá a la evaluación, análisis y control tanto del proceso de fabricación, como del producto o del mercado en el que se incide (J. Sancho *et al.*, 1999).

1.4.2. Evolución histórica del análisis sensorial

El hombre, desde su aparición como tal y en el transcurso de su evolución, ha confiado en sus sentidos y experiencias para seleccionar los alimentos que ha necesitado, y ello le ha permitido diferenciar los alimentos saludables de los no lo eran. Sin embargo, y de modo tardío, se ha necesitado más tiempo para que la evaluación sensorial se convirtiera y se reconociera como disciplina científica. En el ámbito de la industria alimentaria, los estudios sobre composición química y microbiología, y de sus características físicas, así como la influencia de tales variables sobre la aceptabilidad, precedieron a los estudios sensoriales como instrumento ordinario para determinar la calidad de los alimentos (Ibáñez y Barcina, 2000).

La preocupación por la aceptación de los alimentos y la aplicación de la evaluación sensorial de los productos alimenticios se fue estableciendo en la industria alimentaria ya desde los comienzos del siglo XX. Si bien en muchas industrias del sector se reconocía el interés que ofrecía la evaluación sensorial para formular y evaluar los productos, aun era reducida la aceptación general de que tenía entidad suficiente y por sí misma. Por otro lado, tampoco existía un consenso sobre la función que debía desempeñar esta ciencia emergente dentro de la industria o sobre cómo debía contemplarse la misma dentro de la organización empresarial (F.C Ibáñez y Barcina, 2000). La industria alimentaria, como otras muchas industrias de consumo, consideraba tradicionalmente la evaluación sensorial en el contexto de lo que se dio en llamar el “experto” de la compañía. Es decir, de la persona que por la experiencia acumulada en el transcurso de los años era capaz de describir los productos de la empresa y de disponer unas normas de calidad tanto para adquirir la materia prima como para fabricar y comercializar cada tipo de producto. Estos expertos establecieron las bases para desarrollar lo que entonces se denominaron “sesiones de muestras” y “reuniones informales” (Ibáñez y Barcina, 2000).

Desde finales de los años 30, y simultáneamente al desarrollo de técnicas analíticas sofisticadas, tales como la cromatografía gaseosa o la espectrometría de masas, se iniciaron investigaciones sobre el flavor de los alimentos. Si bien puede resultar paradójico, hay que indicar que los estudios de carácter científico en el área de la evaluación sensorial, así como el interés por los estudios de aceptabilidad de los alimentos, no se intensificaron hasta la Segunda Guerra Mundial (Ibáñez y Barcina, 2000).

A partir de entonces, el análisis sensorial se ha desarrollado rápidamente, a pesar de que, en un principio, se dudara de su carácter objetivo y fiable como medida de calidad debido a la subjetividad inherente al instrumento de medida como es el ser humano. Así pues, también los órganos de los sentidos se pueden entrenar para obtener respuestas objetivas cuando son las que interesan.

1.4.3. Funciones y usos del análisis sensorial

El papel de la evaluación sensorial se torna de gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto. El campo de posibles aplicaciones del análisis sensorial es muy amplio y puede ser utilizado de forma potencial en los distintos departamentos de producción, ventas, control de calidad y desarrollo de un producto de una empresa alimentaria (Ibáñez y Barcina, 2000).

Inicialmente, será necesaria la caracterización sensorial y su correlación con las características fisicoquímicas del producto para definir lo que se entiende como su perfil y para establecer si se satisfacen las demandas del consumidor, así como para conocer cuáles son los atributos del mismo que más influyen en su aceptabilidad (Ibáñez y Barcina, 2000).

El Análisis sensorial debe incidir en primer lugar, sobre las materia primas que entrarán en el proceso de fabricación (J. Sancho *et al.*, 1999). De esta manera, el análisis sensorial se aplica en la industria desde el comienzo del proceso productivo, mediante análisis químicos, físicos para determinar si la materia prima se encuentra dentro de la normativa de calidad de la empresa, ya que de esta calidad de la materia prima va a depender en gran medida la calidad final del producto que se desea comercializar.

La intervención o realización de estos procedimientos de análisis no se limita únicamente a la entrada y salida del producto, sino que se realiza también durante el proceso productivo, permitiendo observar la variación que produce en el producto la introducción de determinados ingredientes y en qué medida varía sus características, la aceptación final del producto etc.

Finalmente, se deben considerar los aspectos del producto ya terminado. El primero corresponde a la conformidad respecto al nivel de calidad preestablecido, y el segundo va referido a la determinación de la vida útil del alimento, o al deterioro que sufrirá durante su comercialización (J. Sancho *et al.*, 1999).

Una tercera función del análisis sensorial, se aplicará al Control de Mercado. Las investigaciones sobre la opinión del consumidor, en base al grado de aceptación del producto,

las diferencias entre los productos propios y los de la competencia, la evolución del gusto en los grupos sociales. (J. Sancho *et al.*, 1999).

En resumen, la evaluación sensorial desempeña un papel muy importante en un gran número de las actividades de investigación sobre alimentos. Es de especial interés para la industria alimentaria la aplicación de los resultados del análisis sensorial y asociarlos con aquellos obtenidos por instrumentos analíticos (F.C Ibáñez y Barcina, 2000). La aplicación del Análisis Sensorial dependerá del objetivo concreto que se busque. Así en función de la finalidad que se pretenda conseguir se puede dividir en: Análisis Sensorial en: Análisis de Calidad y Análisis de Aceptación (J. Sancho *et al.*, 1999).

1.4.4. Percepción de sensaciones

El proceso sensorial se inicia por la presencia de un estímulo físico o químico que actúa sobre los receptores sensoriales, definiéndose por tanto como el estímulo como el agente químico o físico que produce la respuesta de los receptores sensoriales externos o internos.

La interpretación de la sensación, es decir, la toma de conciencia sensorial, se denomina percepción. En el ser humano, cada órgano receptor, recibe un tipo específico de estímulos, de los que existen 6 clases, los mecánicos, térmicos, luminosos, acústicos, químicos y eléctricos. Los estímulos son medidos por métodos físicos o químicos, pero las sensaciones sólo pueden ser medidas por métodos psicológicos. (J. Sancho *et al.*, 1999).

Dentro de la percepción, nos podemos encontrar con que ese estímulo se puede presentar en distintas concentraciones o intensidades a nuestros sentidos, siendo más o menos detectable o identificable por estos. De esta manera, se considera que la cantidad mínima de un estímulo que da lugar a la aparición de una sensación se denomina Umbral de detección o aparición, mientras que la cantidad mínima que permite la identificación se conoce como Umbral de identificación. El valor máximo de estímulo perceptible es conocido como Umbral final o terminal. Y por último se llama al Umbral de diferencia o diferencial al valor de la intensidad a partir del cual se diferencian dos estímulos (UNE 87-003-95).

Los atributos de un producto alimenticio son habitualmente percibidos en el siguiente orden:

- Apariencia
- Olor/Aroma/fragancia
- Consistencia y textura
- Flavor (aromas, sensaciones químicas, sabor)

Sin embargo, en el proceso de percepción, la mayoría de los atributos se solapan, el sujeto recibe un revuelto de impresiones sensoriales casi similares, y sin entrenamiento, él o ella no serán capaces de proporcionar una evaluación individual de cada uno de ellos (Morten *et al.*, 2007).

1.4.4.1. Apariencia

La apariencia como propiedad sensorial comprende un conjunto de atributos, como el color, la forma y tamaño, textura, etc., que son percibidos por el sentido de la vista y tacto (Briz y García, 2004). La apariencia de un producto o de su envase es a menudo el único atributo usado para la decisión de compra o consumo.

Las principales características de la apariencia son el color, el tamaño y forma, la textura superficial, y otros según el producto. (Morten *et al.*, 2007).

1.4.4.2. Color

Se define como la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro. La percepción del color incluye aspectos físicos y psicológicos que están asociados con un estado del producto que se analiza (Briz y García., 2004).

Los subatributos relacionados con el color son:

- Tono (matiz): es la propiedad de color que corresponde a la distribución espectral de las proporciones de luz reflejada o transmitida.
- Saturación de un color: es el grado de pureza de un color.
- Claridad: es el grado de luminosidad de un color con relación a un gris neutro de una escala que se extiende del negro absoluto al blanco absoluto.

1.4.4.3. Forma y tamaño

Estas propiedades incluyen entre otros los atributos de longitud, finura, anchura, tamaño de la partícula y forma geométrica (Briz y García., 2004)..

1.4.4.4. Textura superficial

Las propiedades de textura de la superficie son aquellas relacionadas con las sensaciones producidas por el contenido de agua o grasa de producto, como son los atributos de brillo, humedad, aspereza, granulosidad, o presencia de grasa (Briz y García., 2004).

1.4.4.5. Otros

- Turbidez: son las características de los productos líquidos o semisólidos a tener o no partículas en suspensión de modo visible, proporcionando una sensación de transparencia u opacidad.
- Carbonatación: Es el grado de efervescencia o su carencia se puede considerar como un atributo de calidad del producto, para el caso de las bebidas carbonatadas.

- Transparencia: califica un objeto que deja pasar la luz y permite distinguir las imágenes a su través.
- Translucidez: califica un objeto que deja pasar la luz y permite distinguir las imágenes a su través.
- Opacidad: califica un objeto que no deja pasar la luz.
- Brillante: describe el aspecto de un producto que lo asemeja a una superficie pulida que muestra reflejos luminosos.

1.4.4.6. Olor/ Aroma/ Fragancia

El olor de un producto es detectado cuando sus compuestos volátiles entran en las cavidades nasales y son percibidos por el sistema olfativo, el aroma es el olor de un alimento y la fragancia es el olor de un cosmético o perfume (Morten *et al.*, 2007).

La cantidad de compuestos volátiles que pueden escapar de un producto se ve afectada por la temperatura y composición del mismo. (Morten *et al.*, 2007). Por otro lado la cantidad de sustancias volátiles aumenta exponencialmente con la temperatura, siendo también función de la naturaleza de los componentes (Briz y García., 2004).

La caracterización de los aromas es muy compleja y todavía no hay terminología completa normalizada internacionalmente. Así, se conocen unos 17000 componentes olorosos distintos, afirmando que un buen analista es capaz de diferenciar unos 150-200 tipos de aromas distintos. Un componente determinado puede ser definido con varios términos diferentes. Por otro lado, un único término puede ser asociado a muchos componentes (Briz y García., 2004).

Los atributos más característicos relacionados con el aroma son:

- Aroma: es la propiedad organoléptica perceptible por vía indirecta por el órgano olfativo durante la degustación.
- Olor atípico: es el olor no característico, generalmente asociado con el deterioro o transformación de la muestra.

1.4.4.7. Consistencia y textura

La textura es el conjunto de propiedades sensoriales mecánicas, geométricas y de superficie de un producto perceptible por los mecanorreceptores, los receptores táctiles y, en ciertos casos, los visuales y auditivos (Briz y García., 2004).

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son aquellas relacionadas con la reacción del producto a una fuerza. Hay cinco características:

- Dureza

- Cohesión
- Viscosidad
- Elasticidad
- Adherencia

Las propiedades geométricas son aquellas relacionadas con el tamaño, forma y distribución de las partículas en el producto. En la cavidad bucal también se relacionan con el modo en el que los constituyentes se liberan (Briz y García., 2004).

Dureza

Propiedad mecánica de la textura relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto en él. Los principales adjetivos relacionados con la dureza son:

- i. Blando (queso unttable)
- ii. Firme (aceituna)
- iii. Duro (caramelo)
- a) Cohesión

Propiedad mecánica de la textura relativa al grado de deformación de un producto antes de romperse. Está relacionada con la fragilidad, masticabilidad y gomosidad:

- Fragilidad: propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con la fuerza necesaria para romper un producto en trozos.
- Masticabilidad: propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución. Los principales adjetivos relacionados con la masticabilidad son:
 - i. Tierno (guisantes tiernos)
 - ii. Masticable (caramelos de goma)
 - iii. Correoso (corteza de panceta)
- Gomosidad:

Propiedad mecánica de la textura relativa a la cohesión de un producto blando. La sensación bucal está relacionada con el esfuerzo requerido para reducir el producto al estado necesario para su deglución. Los principales adjetivos relacionados con la gomosidad:

- i. Arenoso (galleta de fibra)

- ii. Harinoso (alubias blancas cocidas)
- iii. Pastoso (puré de patatas)
- iv. Gomoso (gelatina)

b) Viscosidad:

Es la propiedad mecánica de la textura relativa a la resistencia de flujo. Responde a la fuerza requerida para pasar un líquido de la cuchara a la boca para tragarlo o extenderlo por un soporte. Los principales adjetivos relacionados con la viscosidad son:

- i. Fluido (agua)
- ii. Espeso (chocolate a la taza)
- iii. Viscoso (leche condensada, miel)

c) Elasticidad:

Es la propiedad mecánica de la textura relativa a:

- La rapidez de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza, y
- El grado de dicha recuperación.

Los principales adjetivos relacionados con la elasticidad son:

- i. Plástico (mantequilla)
- ii. Elástico (calamares)

d) Adherencia:

Es la propiedad mecánica de la textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie (lengua, dientes).

Los principales adjetivos relacionados con la adherencia son:

- i. Pegajoso (tapioca, arroz sobrecocido)
- ii. Adherente (caramelo de café con leche)
- o Propiedades geométricas

Son aquellas relacionadas con el tamaño, forma y distribución de las partículas en el producto. Las propiedades geométricas son las siguientes:

a) Granulosidad:

Es la propiedad geométrica de la textura relativa a la percepción de las dimensiones y de las formas de las partículas del producto.

Los principales adjetivos relativos a la granulosidad son:

- i. Harinoso (azúcar *glasé*)
- ii. Arenoso (algunas peras)
- iii. Granuloso (sémola)

b) Estructura:

Es la propiedad geométrica de la textura relativa a la percepción de la forma y a la orientación de las partículas en el producto.

Los principales adjetivos relativos a las estructuras son:

- i. Fibroso: partículas alargadas de orientación paralela (espárrago)
- ii. Celular: partículas de forma esférica u ovoide (mandarina)
- iii. Cristalino: partículas angulosas (azúcar granulado)
- iv. Esponjoso: con celdillas (merengue)

o Propiedades de superficie

Se incluyen las siguientes propiedades:

a) Humedad:

Es la propiedad superficial de la textura relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto.

Los principales adjetivos correspondientes a diferentes niveles de humedad son:

- i. Seco (galleta salada)
- ii. Húmedo (manzana)
- iii. Jugoso (naranja)
- iv. Suculento (carne)
- v. Acuoso (sandia)

b) Carácter graso:

Es la propiedad superficial de la textura relativa a la percepción de la cantidad o tipo de la grasa contenida en el producto.

Los principales adjetivos relativos al carácter graso de esta propiedad son:

- i. Aceitoso: es la percepción de aceite absorbido y libre (conservas de pescado en aceite)

- ii. Grasiento: percepción de grasa exudada (panceta frita)
- iii. Seboso: percepción de grasas sin exudación (tocino)

La consistencia se define como el conjunto de sensaciones que resultan del estímulo de los receptores mecánicos y táctiles, principalmente de los alojados en la región bucal, que varía con la textura del producto (Briz y García., 2004).

1.4.4.8. Flavor

Se define como la suma de percepciones resultantes de la estimulación de las terminaciones sensoriales que están agrupadas en la entrada del tracto alimenticio y respiratorio (Amerine *et al.*, 1965), aunque actualmente se restringe a las impresiones químicas percibidas por los sentidos de un producto en la boca, lo que incluye:

- Aromas; las percepciones olfativas causadas por los compuestos volátiles liberados por un producto en la boca por vía retronasal.
- Sabores; percepciones gustativas causadas por las sustancias en la boca.
- Las percepciones químicas que estimulan las terminaciones nerviosas en las membranas blandas de la cavidad bucal y nasal.

Los atributos percibidos más comunes englobados dentro del flavor son los siguientes:

- Ácido: describe el sabor elemental producido por soluciones acuosas diluidas de la mayoría de los ácidos.
- Acidulo: califica a un producto cuyo sabor es ligeramente ácido.
- Agrio: califica la sensación compleja olfato-gustativa, que es debida generalmente a la presencia de ácidos orgánicos y que posee una composición hedónica.
- Alcalino: describe el sabor elemental producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias básicas.
- Amargo: describe el sabor elemental producido por soluciones acuosas diluidas de diversas sustancias tales como la quinina, algunos otros alcaloides y la cafeína.
- Astringente: describe la sensación bucal compleja resultante de la contracción de la superficie de la mucosa de la boca, producida por soluciones diluidas de sustancias tales como algunos taninos.
- Ardiente: describe una sensación supuestamente calorífica.
- Bouquet: es el conjunto de notas olfato-gustativas específicas que permiten caracterizar a un producto.
- Salado: describe el sabor elemental producido por soluciones acuosas de varias sustancias tales como el cloruro sódico.

- Dulce: describe el sabor elemental producido por soluciones acuosas tales como la sacarosa.
- Gusto residual: es la sensación olfato-gustativa que se aprecia cuando ha desaparecido el producto y que difiere de la que se percibía cuando éste estaba en la boca.
- Persistencia: es la sensación olfato-gustativa raramente similar o muy próxima a la sensación percibida cuando el producto estaba en la boca, que permanece localizada durante un cierto tiempo y cuya duración se puede medir.
- Punzante (irritante): describe un producto que produce una sensación de irritación de las mucosas bucales y nasales (vinagre o mostaza).
- Sabor elemental: es cualquiera de los sabores reconocidos como ácido, amargo, salado, dulce, alcalino, umami y metálico.

Los alimentos pueden ser:

- Sápidos: describiendo un producto que tiene sabor
- Insípido: describiendo un producto que carece de sensación olfato-gustativa.
- Desabrido: describe un producto de sensación olfato-gustativa débil y sin carácter.
- Neutro: describe un producto que no presenta unas características sensoriales netamente marcadas.
- Vacío: describe un producto que causa una sensación olfato-gustativa menor que la esperada.

1.4.4.9. Ruido

El sonido producido durante la masticación del producto es un pequeño, pero no ignorable atributo alimentario. Es común medir el tono y volumen del sonido producido por el producto. (Morten *et al.*, 2007).

La importancia es variable según los alimentos, en aquellos que destacan por su dureza y que son crujientes al masticar es una propiedad muy importante y valorada a la hora de determinar la calidad de dicho producto.

El ser humano, capta su entorno físico a través de los sentidos.

1.4.5. Los cinco sentidos

Los sentidos son los medios con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea. El ser humano tiene cinco sentidos: la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto. Todos ellos tienen una gran importancia para el hombre y cuando falta alguno de ellos, su vida se ve seriamente afectada e, incluso, puede llegar a estar en peligro.

1.4.5.1. La vista

El sentido de la vista reside en un órgano muy importante: el ojo. Este funciona de manera análoga a una cámara fotográfica que estuviera conectada al cerebro. La visión simultánea con los dos ojos y la diferenciación de ángulo de visión entre ambos producen lo que se llama visión estereoscópica, o sea, la visión en tres dimensiones. La propiedad sensorial más importante asociada con el sentido de la vista para los tecnólogos de alimentos, es el color; aunque existen varias propiedades o atributos sensoriales detectados por medio de este sentido, tales como: la apariencia, la forma, la superficie, el tamaño y el brillo.

Un efecto visual importante es el daltonismo, que consiste en la incapacidad de detectar ciertos colores, o la confusión de un color por otro. Es un fenómeno que raramente se presenta- por lo general, quienes lo padecen son únicamente los varones- pero hay que determinar si las personas están libres de daltonismo para poder escogerlas como jueces del color. Para determinar esto existen pruebas específicas. (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.4.5.2. El olfato

Los compuestos volátiles son detectados por el epitelio olfativo situado en la parte superior de la cavidad nasal. Las moléculas son detectadas por millones de minúsculos filamentos que recubren el epitelio por un mecanismo aun desconocido (Morten *et al.*, 2007)

Este sentido es muy importante, ya que nos permite percibir el olor de los objetos que nos rodean. El órgano mediante el cual funciona el sentido del olfato es la nariz, o más propiamente dicho, todo el sistema nasal, donde la nariz es la parte externa y visible. Las sustancias olorosas de los objetos son volátiles y llegan a las fosas nasales por medio del aire.

Hay muchísimos olores y no se han podido determinar olores básicos. En un intento de clasificación se llegaron a proponer hasta 64 olores básicos, pero esto no satisface toda la gama existente de colores. Algunas personas no pueden percibir olores, y esta condición es conocida como anosmia. También el uso y el abuso de perfumes, tabaco, drogas, o el vivir o trabajar en ambientes con olores irritantes o muy fuertes, pueden disminuir o alterar el funcionamiento de este sentido.

Hay que diferenciar entre olor y aroma. El primero es la percepción de sustancias volátiles-fragantes o fétidas- por medio de la nariz. En cambio el aroma es la detección después de haberse puesto el alimento en la boca; o sea que el aire, en el caso del aroma, no es el medio de transmisión de la sustancia, sino la membrana mucosa del paladar. Después del color de los alimentos, el olor de éstos afecta muy significativamente a la aceptación de los mismos.

1.4.5.3. El gusto

Este sentido reside en la lengua, la cual contiene varias protuberancias o gránulos llamados papilas gustativas. Las papilas de la punta de la lengua perciben el dulzor de los alimentos, mientras que los gustos salado y ácido se detectan en los costados de dicho órgano.

Las papilas caliciformes, en la parte posterior de la lengua, perciben el amargor de las sustancias. Los resfriados o la gripe afectan el funcionamiento del sentido del gusto.

1.4.5.4. El tacto

El grupo de sensaciones generalmente descritas como sentido del tacto pueden dividirse en somestesis (sentido táctil, sensación en la piel) y quinestesis (sensación de profunda presión o propiocepción) con las dos variantes sensitivas en la presión física. (Morten *et al.*, 2007).

El sentido del tacto está localizado en las terminaciones nerviosas que están situadas justo debajo de la piel de todo el cuerpo. Puede decirse que el sentido del tacto está en todo el cuerpo, excepto en las uñas, el pelo y la córnea del ojo. La sensibilidad sensorial de la superficie de los labios, lengua, cara y manos es mucho mejor que la del resto de zonas del cuerpo, lo que se traduce en una mayor facilidad de detectar pequeñas diferencias de dureza, forma y tamaño, diferencias químicas y de temperatura en el manejo manual y bucal de los productos (Morten *et al.*, 2007)

Son especialmente importantes, en el caso de la evaluación sensorial de los alimentos, las percepciones táctiles por medio de los dedos, la palma de la mano, la lengua, las encías, la parte interior de las mejillas, la garganta, y el paladar, ya que es donde se detectan los atributos de textura de los alimentos. El tacto sirve para percibir una variedad de sensaciones tales como la temperatura del medio y de los objetos, el peso de éstos, las características de su superficie y su textura.

1.4.5.5. El oído

El oído es el sentido mediante el cual captamos los sonidos, que son el resultado de las vibraciones del aire originadas por las cuerdas vocales, los labios y la lengua de las personas al hablar, o por los objetos al caerse, romperse, rasgarse, etc. Estas vibraciones son transmitidas hacia las orejas, y luego amplificadas por el tímpano y los huesecillos del oído medio y por el oído interno, y detectadas e interpretadas por el cerebro. El sentido del oído participa en la detección de la textura de los alimentos.

Estos cinco sentidos son las herramientas que el ser humano tiene para afectar y modificar su medio ambiente, así como para percibirlo. Cuando falta alguno de ellos, el hombre se ve seriamente disminuido en sus capacidades y su vida se ve muy afectada. No cabe duda que la importancia de esos cinco sentidos es invaluable.

1.4.6. Las propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. (Anzaldúa-Morales, 1994)

1.4.6.1. El color

El color es la cualidad de la sensación provocada en la retina de un observador por las ondas luminosas de entre 380-760 nm. El color resulta de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de determinadas características de la luz (J. Sancho *et al.*, 1999). El color de un objeto tiene tres características:

- El tono, el cual está determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada. Unos cuantos nanómetros de diferencia significan mezcla con otro color y, por lo tanto, un tono diferente.
- La intensidad, la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento.
- El brillo, que es dependiente de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él.

Existen tres colores simples o básicos-llamados primarios-y de éstos, por combinación, todos los demás tintes o tonos.

La medición del color puede efectuarse usando escalas de color. Estas pueden consistir de ejemplos típicos de alimentos mostrando toda la gama de colores que pueden presentarse en las muestras o usando para ello fotografías o modelos hechos de plástico o de yeso coloreado. O bien, puede tratarse de escalas construidas basándose en un Atlas de colores, o con muestras de catálogos o folletos de colorantes o pinturas. El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida en forma instrumental mas efectivamente que en forma visual (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.4.6.2. El olor

El olor es la percepción, por medio de la nariz, de sustancias volátiles liberadas por los productos. (Anzaldúa-Morales, 1994). En el caso de los alimentos, y la mayoría de las sustancias olorosas, esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas a los olores.

Además, dentro del olor característico, o *sui generis*, de un alimento existen diferentes componentes. Otra característica del olor es la intensidad o potencia de éste. Además, la relación entre el olor y el tiempo es muy importante, ya que el olor es una propiedad sensorial que presenta dos atributos, contradictorios entre sí, en los cuales está involucrado el tiempo. El primero es la persistencia, o sea, que aún después de haberse retirado la sustancia olorosa, la persona continua percibiendo el olor. La otra característica está más bien relacionada con la mente o con la zona olfatoria del cerebro, y es que las personas se acostumbran a los olores después de un cierto tiempo.

Las pruebas para la medición de olor deben ser rápidas, para no dar tiempo a que los jueces pierdan la capacidad de evaluar el olor, y no presentarles demasiadas muestras en la misma sesión (Ellis, 1961; Anerine *et al.*, 1965). Generalmente, para esta evaluación-tal como lo suelen hacer los perfumistas-se deben oler rápidamente, aspirando con fuerza y retirarlo de la nariz inmediatamente la muestra (Süskind, 1987). Es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro.

1.4.6.3. El aroma

Esta propiedad consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto éste en la boca (Anzaldúa-Morales, 1994).

El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos y esto podemos comprobarlo cuando tenemos un resfriado o constipado, ya que entonces, si probamos una manzana, una patata cruda, y una cebolla, las tres sabrán igual.

Ya que el aroma no es detectado por la nariz sino en la boca, ésta puede quedar insensibilizada a los aromas y sabores por el uso y el abuso del tabaco, drogas o alimentos picantes o muy condimentados.

1.4.6.4. El gusto

Al igual que el olfato, el gusto es una percepción química. Engloba la detección de estímulos disueltos en el agua, aceite o saliva por las glándulas salivales localizadas en la superficie de la lengua, la mucosa del paladar y zonas de la garganta (Morten *et al.*, 2007)

El gusto o sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado o amargo; o bien puede haber una combinación de dos o más de estos cuatro. Esta propiedad es detectada por la lengua. Los receptores del sabor se encuentran sumergidos en una solución compleja que es la saliva (compuesta una gran cantidad y variedad de sustancias), y están mantenidos por una segunda solución, la sangre (que también contiene una mezcla compleja de sustancias). Por lo tanto los seres humanos únicamente pueden diferenciar concentraciones en determinadas sustancias, y no concentraciones absolutas. (Morten *et al.*, 2007).

Para las pruebas de sabor es necesario conocer la habilidad de los jueces para la percepción del gusto del alimento, así como la concentración de umbral del sabor para el grupo de jueces. Esta es la concentración mínima a la cual la mayoría de los jueces pueden percibir correctamente el gusto en cuestión.

1.4.6.5. El sabor

Este atributo de los alimentos es muy complejo, ya que combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto. El sabor es la suma de las tres características y, por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

El sabor es lo que diferencia a un alimento de otro y no el gusto, ya que si se prueba un alimento con los ojos cerrados y la nariz tapada, solamente se podrá juzgar si es dulce, salado, amargo o ácido. En cambio, en cuanto se perciba el olor, se podrá decir, de qué alimento se trata. Por ello, cuando se realizan pruebas de evaluación del sabor, no sólo es importante que la lengua del juez esté en buenas condiciones, sino también que no tenga problemas con su nariz y garganta. Los jueces para pruebas de sabor no deben haberse puesto perfume antes de participar en las degustaciones.

El sabor se ve influido por el color y la textura. Cuando se prueba el sabor de un alimento, para medirlo o comprobarlo, es importante enmascarar a las otras propiedades mencionadas, para evitar la influencia de éstas en las respuestas de los jueces.

1.4.6.6. La textura

Es difícil establecer una definición clara de textura. Si buscamos en un diccionario castellano que significa este término encontraremos:

Textura. (Del lat. textura). f. Disposición y orden de los hilos en una tela. 2. Operación de tejer. 3. Estructura, disposición de las partes de un cuerpo, de una obra, etc.

Esta definición (Real Academia Española, 2001) no nos dice nada que tenga que ver con los alimentos. Varias definiciones han sido propuestas por diferentes autores (Scott-Blair, 1976; Brennan, 1980; Bourne, 1982; Anzaldúa-Morales, 1984); y de éstas, se podría escoger la siguiente como la definición más adecuada:

<<Textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. >>

Es muy importante notar que la textura puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado. El tacto podrá indicarnos su peso y temperatura, y la vista nos permite apreciar color y brillo, pero no textura. No puede hablarse de la <<textura de un alimento>> como si fuera una sola característica de éste, sino que más concretamente hay que referirse a los atributos de textura, o las características o propiedades de textura del alimento.

Los consumidores están cada vez más conscientes de la textura de los alimentos ya que la variedad de productos alimenticios en el mercado se incrementa día a día y los nuevos productos basan su atractivo en nuevas y diferentes texturas más que en nuevos sabores u otras propiedades sensoriales.

1.4.7. Condiciones del análisis sensorial

1.4.7.1. Introducción

Las pruebas sensoriales requieren un lugar especial para su realización, ya que con ello se controlan las condiciones en que se efectúan. Las instalaciones o locales de prueba han de ser lugares donde se puedan realizar las evaluaciones sensoriales en unas condiciones constantes, reproducibles, que aumentan su sensibilidad y que ofrezcan el mínimo de distracciones, con el fin de reducir los efectos que los errores psicológicos y las condiciones físicas (temperatura, luz, etc.) puedan tener sobre el juicio humano (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

La evaluación sensorial es realizada por seres humanos que están sometidos a multitud de estímulos, los cuales pueden interferir en el juicio de los catadores. Por eso es necesario

considerar y controlar diversos aspectos en el desarrollo de las pruebas para que los resultados de las mismas sean válidos y evitar confusiones y malas interpretaciones de los resultados.

1.4.7.2. Sala de cata

La experiencia ha demostrado que, con independencia de los catadores, las condiciones externas que los rodean (iluminación, olores, ruidos, etc) influyen mucho sobre los resultados obtenidos. Por ello es necesario estandarizar al máximo todas estas condiciones para obtener resultados reproducibles (Anzaldúa-Morales, 1994; Miller, 1994). Actualmente existen normativas tanto internacionales como nacionales (Normas UNE) que fijan las condiciones mínimas que deben reunir los locales donde se realiza el análisis sensorial, los utensilios, etc. Además, en multitud de manuales dedicados al análisis sensorial también se dan recomendaciones sobre otros aspectos asociados al desarrollo de las catas no sujetos a regulación específica (Jellinek, 1985; Meilgaard *et al.*, 1999; Fortín y Desplanke, 2001). Existe una Guía para la instalación de una sala de cata, Norma UNE 87-004. A grandes rasgos, las principales características que debe reunir un local de cata son:

- El área de preparación de las muestras debe estar separada del área de pruebas, y nunca deben ver los catadores al director de la prueba preparando las muestras que serán evaluadas.
- El local debe ser agradable y estar convenientemente iluminado, conservando un carácter neutro, por ello se recomiendan los colores lisos y claros en las paredes. La iluminación debe ser uniforme, regulable y de luz difusa.
- El local, además, debe ser de fácil limpieza y deberá tener un dispositivo eficaz de ventilación.
- El área de preparación de las muestras debe contar con todos los equipos y utensilios necesarios: menaje, estufa, plancha, fregadero, etc.
- La sala debe mantener unas condiciones térmicas e higrométricas agradables y constantes. Se recomienda una temperatura entre 20-22°C y un 60-70% de humedad relativa.
- Las dimensiones de las cabinas para la evaluación sensorial también vienen fijadas en la norma. Serán idénticas entre sí y se situarán unas al lado de otras, aisladas por mamparas suficientemente altas y anchas como para que los catadores no puedan interactuar entre ellos. Es importante que tengan una superficie lo suficientemente amplia para que el juez pueda realizar cómodamente la prueba.
- La localización de la sala debe ser fácilmente accesible a todos. La sala debe estar separada de áreas con ruidos. El nivel de ruido debe reducirse al mínimo durante las pruebas, siendo por ello deseable que la sala esté insonorizada.
- No se deben realizar actividades ajenas, ni siquiera la preparación de las muestras, durante las pruebas, pues podrían conducir a resultados sesgados.
- Los olores persistentes, tales como a tabaco o a cosméticos, no se deberían permitir porque contaminan el ambiente de la sala.

1.4.7.3. Cabinas de prueba

En la mayor parte de los casos, los sujetos deben suministrar sus apreciaciones personales independientes. Con el fin de limitar las distracciones y evitar que aquéllos se comuniquen entre ellos, se les coloca en cabinas de pruebas individuales (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

1.4.7.4. Horario de las pruebas

Es uno de los factores que más pueden afectar a los resultados de las pruebas. La evaluación sensorial no debe hacerse a horas muy cercanas a las de las comidas. Si los jueces acaban de comer o de desayunar no querrán ingerir alimentos y asignarán puntuaciones demasiado bajas (en las pruebas afectivas), o podrían alterarse sus apreciaciones de los atributos sensoriales. De la misma manera, si falta poco tiempo para la hora de la comida, el juez tendrá hambre y sus respuestas pueden verse alteradas. Los horarios recomendados son entre las 11 de la mañana y la 1 de la tarde, así como de 17 a 18 horas de la tarde; aunque el primer horario es el más adecuado (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983).

1.4.7.5. Muestras para la evaluación

El comité de Evaluación Sensorial de la ASTM (1968) recomienda que para pruebas discriminativas cada juez reciba, al menos, 16 ml de muestra líquida o 28 gramos de alimento sólido (Larmond, 1977). Para los alimentos que se presentan como una unidad pequeña (bombón, gominola, galleta, etc) que puede comerse de un bocado, la muestra será la unidad. Sin embargo, la cantidad de muestra que recibe cada juez está limitada por la cantidad disponible de material experimental y por el número de muestras que se evaluarán en cada sesión. El número de muestras en una sesión no debe ser elevado (generalmente inferior o igual cinco) porque puede ocasionar fatiga que influirá sobre las respuestas. Si las muestras a evaluar son muy numerosas, estas deben distribuirse en varias sesiones. De todas formas, un panel muy entrenado puede evaluar un mayor número de muestras. Se han realizado algunas investigaciones que muestran la importancia de tener el número y tamaño adecuado de las muestras (Carlin y Harrison, 1978; Cross *et al.*, 1978a; Cardello, 1988). La temperatura de las muestras debe ser constante y la misma para todos los jueces (Cross *et al.*, 1979). Generalmente las muestras deben servirse a la temperatura a la cual suele ser consumido el alimento a analizar. Cuando el alimento es cocinado y se consume en caliente, éste debe mantenerse a dicha temperatura hasta el momento de servirse, mediante de estufas u otros medios (Hootman, 1992). El orden de presentación de las muestras debe ser aleatorio y la codificación de las mismas debe hacerse cuidadosamente, para evitar inducir a una clasificación previa inconsciente asociada a otras existentes en la mente del juez (Cross *et al.*, 1986; Anzaldúa-Morales, 1994).

1.4.8. Tipos de pruebas sensoriales

Existen tres tipos principales de pruebas para realizar un análisis sensorial: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas. Se elegirán unas u otras dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar en un determinado estudio.

1.4.8.1. Pruebas afectivas o hedónicas

En el sector agroalimentario para medir la calidad de un producto debemos considerar el juicio emitido por el consumidor, basado en variable que éste considera de calidad. Por tanto, podríamos hablar de una ordenación de preferencias de productos basada en variables que el consumidor elige. La calidad reside en atributos, siendo realmente relevantes aquellos que permiten discriminar entre productos similares. Según este razonamiento, habría varios aspectos relacionados que justifican el interés de considerar la información procedente de los consumidores por parte de las empresas (F.C Ibáñez y Barcina, 2000). Entre otros:

- Los productos pueden compararse y ordenarse respecto a un “producto ideal”.
- El juicio tiene un carácter multivariante que muchas veces es subjetivo y difícil de conocer con precisión. Para disponer de esta información tenemos que recurrir a encuestas, entrevistas, ensayos hedónicos, etc. son herramientas de investigación aplicables tanto sobre productos existentes como para el lanzamiento de otros nuevos.
- La calidad no es algo inmutable ya que con el tiempo puede cambiar el juicio del consumidor.
- Es habitual el conflicto entre la visión empresarial y la visión del consumidor. Ante estos, hay que tener en cuenta que siempre resulta más fácil cambiar un producto (o empresa) que intentar cambiar al consumidor (o mercado). Sería realmente lamentable discutir con el consumidor sobre la racionalidad de su elección.
- Para que el consumidor pueda formarse un juicio sobre la calidad de los productos agroalimentarios, misión encomendada a la comunicación empresarial, se requiere la existencia de información sobre las características o atributos de los mismos.

Por lo que éstas pruebas, también llamadas estudios de consumidores, son aquellas pruebas en las cuales los jueces expresan su opinión personal y subjetiva sobre un producto, indicando si les gusta o les disgusta, si lo aceptan o lo rechazan, o si lo prefieren a otro producto (Larmond, 1977). Para realizarlas se utiliza un mínimo de 30 jueces no entrenados que deben ser consumidores habituales o potenciales del alimento a evaluar.

Por lo tanto, parece lógico concluir que, complementariamente a los análisis descriptivos con paneles entrenados, es fundamental realizar pruebas con consumidores tanto en estudios destinados al mantenimiento de características de productos como para mejorar u optimizar procesos y productos. Asimismo, este tipo de pruebas deberían considerarse una práctica habitual durante el desarrollo de nuevos productos y en estudios de mercados potenciales (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

Los ensayos hedónicos aportan información muy valiosa sobre el mercado de consumo (preferencias y actitudes de los consumidores). Aunque la realización de pruebas hedónicas no asegura el éxito de ventas del producto, ya que existen otros factores que van a condicionar la compra, es una buena indicación de su potencial de aceptación del mercado.

Presentan una gran variabilidad en los resultados obtenidos y éstos son difíciles de interpretar (Amerine *et al.*, 1965; Anzaldúa-Morales y Brennan, 1984). Dentro de estas pruebas se distinguen tres tipos de ensayos: las pruebas de preferencia, las pruebas de grado de satisfacción y las pruebas de aceptación (Anzaldúa-Morales, 1994).

1.4.8.1.1. Pruebas de preferencia

En esta prueba se pretende saber si los jueces prefieren una determinada muestra a otra. En este caso no se busca la capacidad de los jueces para discriminar muestras, simplemente se quiere conocer su opinión como consumidor habitual del producto (Larmond, 1973, 1977).

1.4.8.1.2. Pruebas de grado de satisfacción

Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el alimento en el juez, ya sean placenteras o desagradables (Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983).

1.4.8.1.3. Pruebas de aceptación

El deseo de una persona de adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no sólo depende de la impresión agradable o desagradable que reciba el individuo al probar el alimento, sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, etc. Con frecuencia el término “prueba de aceptación” es utilizado erróneamente para referirse a alguna de las dos pruebas anteriores, aunque la prueba de aceptación puede abarcar a una de las otras dos (Amerine *et al.*, 1965; Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983).

1.4.8.2. Pruebas discriminativas

En estas pruebas se desea establecer si existe diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud de esa diferencia. Este tipo de pruebas son muy utilizadas en el control de calidad para evaluar si las muestras de un lote están siendo producidas con una calidad uniforme, si son comparables con muestras de referencia, etc. (Kramer y Twigg, 1972). En las pruebas discriminativas sencillas pueden utilizarse jueces semientrenados; sin embargo, para pruebas más complejas es preferible utilizar jueces entrenados (Anzaldúa-Morales, 1994). Dentro de estas pruebas discriminativas se pueden establecer dos grupos en función de los objetivos buscados:

1. Si se pretende determinar si existen diferencias entre dos o más productos. Estas pruebas son bastante sencillas e incluyen: la prueba triangular, la prueba dúotrio, la prueba dos de cinco, la prueba comparación apareada simple, la prueba A no A, la prueba de diferencia a muestra control, y la prueba de similitud.

2. Además de la existencia de diferencias, se pretende determinar la variación de un determinado atributo entre dos o más muestras. Estas pruebas son más complejas que las

anteriores, e incluyen la prueba de comparación por pares, la prueba de rangos en parejas (análisis de Friedman) y las pruebas de comparación múltiple. A continuación se describirán brevemente las más utilizadas.

1.4.8.2.1. Prueba triangular

Es una prueba de diferenciación en la que se presentan simultáneamente tres muestras, dos de ellas iguales entre sí y el juez debe identificar cuál es la muestra diferente. Es una prueba de juicio forzado, por tanto siempre hay que dar una respuesta. El método es aplicable incluso cuando se desconoce la naturaleza de la diferencia, es decir, no determina el tamaño ni la dirección de la diferencia entre las muestras, ni hay indicación del atributo responsable de esta diferencia. El método es aplicable únicamente si los productos son bastante homogéneos (ISO 4120:2004).

1.4.8.2.2. Prueba de comparación pareada simple

Se les presentan a los catadores dos muestras para que las comparen respecto de un determinado atributo sensorial e indiquen cuál de ellas tiene mayor intensidad del citado atributo (Larmond, 1973). Es una prueba muy sencilla y no hay riesgo de fatiga sensorial (Kramer y Twigg, 1972). Sin embargo, la probabilidad de dar una respuesta acertada debido al azar es muy elevada, del 50%.

1.4.8.2.3. Prueba dúo-trío

Se presentan tres muestras a los jueces de forma simultánea o consecutiva, de las cuales una está identificada como referencia y las otras dos están codificadas, siendo una de ellas igual a la muestra de referencia. Cuando se presentan todas las muestras simultáneamente se debe probar en primer lugar la referencia. El juez debe indicar cuál es la muestra igual a la de referencia (es un juicio forzado). Es una prueba similar a la triangular pero es menos eficiente porque la probabilidad de acertar al azar es de un 50% (Peryam y Swartz, 1950).

1.4.8.2.4. Prueba “A” – No “A”

Esta prueba se puede considerar como una variante de la comparación pareada. Este procedimiento tiene particular interés en aquellos casos en los que algunos atributos, por ejemplo el color, pueden influir en los resultados (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

1.4.8.3. Pruebas descriptivas

En este tipo de pruebas se pretende definir las propiedades del alimento y medirlas lo más objetivamente posible. En este caso no interesan las preferencias de los jueces, ni si las diferencias son detectadas por los mismos, sino cuál es la intensidad de los atributos del alimento (Cross *et al.*, 1986). Estas pruebas proporcionan más información que las otras, pero son más complicadas, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso y la interpretación de los resultados es más laboriosa. Son las más utilizadas en la mayoría de las investigaciones sensoriales actuales porque son las más objetivas y fiables.

Las dos ventajas de este enfoque son:

1. La ausencia de cualquier subjetividad en la evaluación (los panelistas actúan como instrumentos sensoriales, sin incorporar información ajena al producto que pueda condicionar sus juicios.
2. La calidad de los datos obtenidos. Estos datos se prestan a una variedad de análisis y manipulaciones, tales como los que resultan de relacionar los datos del panel con los datos instrumentales o de consumidores.

1.4.9. Factores que influyen en la valoración

1.4.9.1. Factores fisiológicos

- a) Adaptación: es un cambio en la sensibilidad a un estímulo dado como consecuencia de una exposición prolongada a dicho estímulo o a uno similar. Este efecto es una fuente importante de variabilidad en la preparación.
- b) Fortalecimiento de una percepción: la presencia de una determinada sustancia puede aumentar la intensidad con que se percibe la segunda.
- c) Debilitamiento de una percepción: la presencia de una determinada sustancia puede disminuir la intensidad con que se percibe la segunda.
- d) Sinergismo: la presencia de varias sustancias simultáneamente aumenta la intensidad con que se perciben ambas, de tal manera que la intensidad percibida de la mezcla es mayor que la intensidad de la suma de los componentes.

1.4.9.2. Factores psicológicos

- a) Error de expectativa: la información facilitada con una muestra puede inducir a errores, puesto que se tiende a encontrar aquello que asociamos a la información que hemos recibido. Estos errores pueden eliminar la validez de un test y deben ser evitados no facilitando información previa sobre las muestras. Las muestras deben estar codificadas y presentadas en un orden aleatorio con tal fin.
- b) Error de hábito: las personas tienden a adquirir hábitos fácilmente, tendiendo a dar la misma respuesta cuando los estímulos sólo cambian ligeramente. Es un error común y tiene que ser eliminado variando los tipos de producto o variando la presentación de las muestras.
- c) Error de estímulo: se origina cuando criterios irrelevantes como el formato de vaso, influyen en el veredicto del juez.
- d) Error lógico: ocurre cuando dos jueces asocian o dos más características de las muestras. Se debe minimizar manteniendo las muestras de modo uniforme y encubriendo las diferencias de algún modo.

- e) Efecto halo: cuando se evalúan más de un atributo simultáneamente, se obtienen otros resultados que si evaluáramos esos atributos por separado. Si un atributo es importante, este efecto debe ser minimizado mediante la presentación de diferentes grupos de muestras.
- f) Orden de presentación de las muestras: el orden de presentación puede causar cinco tipos de sesgos.
 - Efecto contraste
 - Efecto grupo
 - Error de tendencia central
 - Efecto modelo
 - Efecto temporal o sesgo posicional
- g) Sugestión mutua: la respuesta de un panelista puede ser influida por otro panelista, por lo que deben estar separados en cabinas no debiendo expresar sus juicios oralmente.
- h) Falta de motivación: es conveniente facilitar los resultados de las pruebas a los jueces para mantener su interés y hacerles sentir que su actividad es importante.
- i) Diferentes caracteres de los jueces: algunas personas tienden a utilizar extremos de escala, influyendo mucho en la discriminación de los resultados.

1.4.10. Escalas sensoriales

1.4.10.1. Introducción

Las dos mayores fuentes de variación en los datos de un panel sensorial son la diferencia en la manera en que los sujetos perciben el estímulo y las diferentes maneras en que los sujetos expresan esas percepciones. Las diferencias en la percepción son parte de la considerable variabilidad de los datos sensoriales, con la que el analista sensorial aprende a convivir. Por ello un panel sensorial pequeño es representativo sólo de él mismo y no de la población en general (Stone y Sidel, 1993), aunque otros autores lo consideren representativo de la población de jueces potenciales (Lea *et al.*, 1997). La variación en las puntuaciones de los jueces puede ser minimizada, además de mediante el entrenamiento y la selección adecuada de la terminología, mediante las escalas utilizadas. A la hora de elegir la manera de medir las respuestas, el analista debería seleccionar el método sensorial más simple que pueda medir las diferencias esperadas entre muestras y que minimice el tiempo de entrenamiento del panel.

La escala es el instrumento que se utiliza para medir las respuestas sensoriales y es una parte fundamental dentro del análisis sensorial (Meilgaard *et al.*, 1999). De la correcta elección de la escala de medida puede depender el éxito de una evaluación sensorial. Para obtener los mejores resultados posibles, una escala debe ser:

- Útil a los sujetos: las palabras usadas deben ser familiares, fácilmente inteligibles y nada ambiguas. Deben estar relacionadas con el producto y la tarea a realizar.
- Poco complicada de usar: si no ocurre así, se producirá frustración en los sujetos, incremento de los errores de medida y menores diferencias entre los productos.
- Sin prejuicios: los resultados no deben ser un artificio de la escala utilizada. Idealmente la escala no debería tener ninguna influencia sobre el desarrollo de la prueba. Las escalas desequilibradas predisponen fácilmente los resultados porque disminuyen la probabilidad esperada para respuestas en categorías que están poco representadas.
- Relevante: esto relaciona a la escala con la validez o la vigencia; la escala debe medir ese atributo, característica o actitud: por ejemplo, las escalas de preferencia deben medir preferencia, las escalas de calidad deben medir calidad, y no es propio intercambiarlas.
- Sensible a las diferencias: la longitud de la escala y el número de categorías son variables que pueden tener un efecto significativo.
- Proporcionar una variedad de análisis estadísticos por los que se puedan analizar los resultados obtenidos.

Existen fundamentalmente cuatro tipos de escalas (Stevens, 1951): nominales, ordinales, de intervalo y proporcionales.

1.4.10.2. Escalas nominales

En estas escalas los números son utilizados como etiquetas o códigos. En estas escalas hay total independencia del orden entre las categorías. Este orden puede ser cambiado sin alterar la lógica de la pregunta o el tratamiento de los resultados. Una ventaja es que las personas tienen muy poca o ninguna dificultad a la hora de responder en estas escalas; esto es importante cuando hay un número elevado de alternativas. Es posible convertir datos de escalas nominales asignando rangos o porcentajes basados en frecuencias, lo que permite el uso del análisis estadístico. A pesar de que este tipo de escalas son poco utilizadas, requieren un tiempo de test limitado, son fáciles de usar, y con un análisis sencillo proporcionan resultados rápidos (Stone y Sidel, 1993).

1.4.10.3. Escalas ordinales

Estas escalas usan números o palabras organizadas de “alto” a “bajo” o “más” a “menos”, etc, con respecto a algún atributo de un conjunto de productos. Las categorías no son intercambiables. Se considera que son las más básicas para medir las intensidades percibidas y tienen más en común con otras escalas de magnitud que las nominales. Con este tipo de escalas lo más frecuente es hacer una ordenación o “ranking” de los productos respecto de la característica estudiada. Su mayor inconveniente es que no se mide la magnitud de la diferencia entre productos y los datos no indican la localización (solo dicen que es más o menos que otro). El análisis de los datos incluye los métodos para escalas nominales, en particular los métodos no paramétricos (Joanes, 1985; Newell y MacFarlane, 1987). Una

alternativa a la información limitada que se obtiene de estas ordenaciones es el uso de escalas en las que se dan categorías ordenadas a lo largo de un continuo. Son quizá las escalas más ampliamente usadas en evaluación sensorial. Algunas tienen una palabra y/o números para cada categoría de la escala, mientras que otras sólo están ancladas en los extremos. Una escala ordinal puede tener propiedades de intervalo y también se puede hacer la aproximación de que la distancia entre intervalos es igual y usar el análisis paramétrico, asumiendo también que los resultados son consistentes con una distribución normal (McBride, 1983; Land y Shepherd, 1988).

1.4.10.4. Escalas de intervalo

Son aquellas en las cuales se asume que el intervalo o la distancia entre puntos en la escala es igual y tiene un punto cero arbitrario (Guilford, 1954). Las dos escalas de intervalo más familiares en análisis sensorial son la escala hedónica de nueve puntos y la escala proporcional (rating) gráfica (Anderson, 1970, 1974). Dentro de esta última está la escala lineal anclada en los extremos. Se mide la distancia desde el borde izquierdo hasta donde se marque y se obtiene un valor numérico para poder computarlo. Las escalas intervalo se consideran escalas cuantitativas y se pueden usar la mayoría de los procedimientos estadísticos para su análisis (Lawless, 1989).

1.4.10.5. Escalas proporcionales

Tienen las mismas propiedades que las escalas de intervalo y, además, presentan una proporción constante entre puntos y un cero absoluto. El sujeto mide una característica y asigna un valor numérico (ni cero ni fracción) a cada estímulo (Birnbbaum, 1982; Lawless y Malone, 1986). Iguales proporciones de estímulo producen iguales proporciones de respuesta.

1.4.10.6. Otras escalas

Existen otras escalas de uso bastante popular por su fácil manejo, entre ellas está la escala hedónica de nueve puntos, las escalas faciales, etc. Cuando se estaba investigando para encontrar una escala apropiada para medir la aceptabilidad de alimentos para los militares se llegó a la escala hedónica con nueve puntos o categorías. En esta escala se describen nueve términos asociados a la percepción del juez tras probar el alimento. Sirve para cualquier tipo de alimento, bebida u otro material (Peryam y Pilgrim, 1957). Las escalas hedónicas siempre tienen un número impar de términos y un punto intermedio (por ejemplo: ni me gusta ni me disgusta). Se puede usar la estadística paramétrica para tratar los resultados, considerando que los datos se distribuyen normalmente (Anzaldúa-Morales, 1994).

Otras escalas utilizadas en pruebas afectivas son las escalas faciales. Están formadas por un número variable de dibujos de expresiones faciales, ordenadas secuencialmente desde una expresión muy sonriente hasta otra de disgusto extremo. Cada uno de estos dibujos puede ser transformado en un número y ser analizado estadísticamente como en otras escalas. Son muy utilizadas cuando se trabaja con niños o con personas que tienen limitadas sus habilidades para leer y comprender. Sin embargo, puede generar problemas de distracción y

por ello, es recomendable sustituirla por la escala hedónica, acompañada de una explicación adaptada al tipo de individuos que vayan a utilizarla (Stone y Sidel, 1993).

1.5. Panel de jueces y pruebas de consumidores

1.5.1. Introducción

La estrategia científica más aceptable para la evaluación de la calidad sensorial tiene en cuenta la relación entre dos tipos de datos: pruebas con los consumidores (de clase afectiva, ensayo de tipo hedonista) y entrenado paneles de análisis (clase descriptiva, analítica ensayo de tipo). La relación entre los dos hace posible determinar los perfiles sensoriales que mejor se adaptan al concepto de la calidad del producto en el mercado objetivo, permitiendo a las grandes empresas establecer actividades de control, mejorar la calidad y desarrollar nuevos productos. Esta estrategia, sin embargo, tiene limitaciones con respecto a la posibilidad de que sea aplicado por los pequeños productores con productos típicos sensoriales característicos, tales como aquellos con denominación de origen protegida (DOP).

El equipo de catadores es el instrumento de medida utilizado en el análisis sensorial. De igual forma que la calidad de los datos obtenidos con otro tipo de instrumentos depende, en gran parte, de su buen funcionamiento y del correcto calibrado de los mismos, la calidad de los datos sensoriales está directamente relacionada con el correcto funcionamiento del equipo y éste a su vez dependerá, básicamente, de los métodos empleados durante la preselección, selección y entrenamiento de los sujetos (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

El desarrollo de un panel sensorial de catadores requiere una planificación respecto a las necesidades inherentes del panel, el apoyo de la organización y su dirección, la disponibilidad y motivación del panel de candidatos, la necesidad de entrenamiento con muestras y referencias y la disponibilidad y buena disposición de la sala cata y cabinas (Morten *et al.*, 2007)

El objetivo del proyecto sobre cualquier problema sensorial o situación determinada determina el criterio de selección y entrenamiento de los sujetos. Hoy en día, los analistas sensoriales utilizan una gran variedad de test, seleccionados específicamente para que corresponda con el régimen de entrenamiento propuesto y el uso del panel (Morten *et al.*, 2007).

El panel o jurado para análisis sensorial es realmente un “instrumento de medida” y, por lo tanto, el resultado de los análisis realizados dependerá de sus miembros. El reclutamiento de las personas que aceptan participar en un panel se debe realizar con cuidado y debe considerarse por parte de las empresas como una inversión real, tanto en tiempo, como en dinero (UNE 87 024-1:1995).

Los paneles para análisis sensorial pueden comprender uno de los tres tipos siguientes de jueces:

“jueces”;

“catadores”; y

“expertos”.

Los jueces pueden ser “jueces legos en la materia”, que no responden a ningún criterio definido, o “jueces iniciados”, que conocen ya el análisis sensorial. Los catadores son jueces seleccionados y entrenados.

En la fase de reclutamiento, hay que realizar una selección preliminar entre los jueces legos, con el fin de eliminar antes del entrenamiento a los voluntarios completamente inútiles para el análisis sensorial (UNE 87 024-1:1995).

Juez experto: es una persona con gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento y que posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para evaluar las características del alimento. Debido a su habilidad y experiencia, en las pruebas que efectúa sólo es necesario contar con su criterio. Su entrenamiento es muy largo y costoso, por lo que sólo intervienen en la evaluación de productos caros, como por ejemplo el té. Estos jueces están revisando constantemente sus habilidades y existen muy pocos en todo el mundo (Larmond, 1977; Ackerman, 1990).

Juez entrenado o panelista: es una persona con bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, que ha recibido enseñanza teórica y práctica sobre la evaluación sensorial, sabe lo que debe medir exactamente y realiza pruebas sensoriales con cierta periodicidad. El número requerido es de al menos siete y como máximo quince. Se emplean para pruebas descriptivas y discriminativas complejas. Como los jueces expertos, deben abstenerse de hábitos que alteren su capacidad de percepción (Larmond, 1977).

Juez semientrenado o “de laboratorio”: son personas con un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo intervienen en pruebas discriminativas sencillas que no requieren una definición muy precisa de términos o escalas. Las pruebas con este tipo de jueces requieren un mínimo de 10 y un máximo de 20 o 25 jueces (Larmond, 1973, 1977).

Juez consumidor: son personas que no tienen nada que ver con las pruebas, ni han realizado evaluaciones sensoriales periódicas. Son elegidos al azar y sólo se emplean en pruebas afectivas (Costell y Durán, 1981). Es importante que sean consumidores habituales del producto a valorar o, en el caso de un producto nuevo, que sean los consumidores potenciales de dicho producto (Amerine *et al.*, 1965; Anzaldúa-Morales, 1994). El número de jueces necesario oscila entre 30 y 40 (Ellis, 1961; Amerine *et al.*, 1965; ASTM, 1968; Larmond, 1977; Anzaldúa-Morales *et al.*, 1983).

1.5.2. Reclutamiento de los jueces

Existen tres posibles formas de reclutar individuos: reclutamiento externo, interno y mixto.

- a) *Reclutamiento externo:* el reclutamiento se hace fuera de la empresa.

- b) *Reclutamiento interno*: los candidatos se reclutan entre el personal de la empresa. Es conveniente no incluir personas a las que profesionalmente están muy relacionadas con el producto que se va a examinar, especialmente a nivel técnico o comercial, porque pueden sesgar los resultados (UNE 87 024-1:1995).
- c) *Panel mixto*: está formado por personas tanto de la empresa como ajenas a ella, en proporción variable (UNE 87 024-1:1995).

El reclutamiento es un punto de partida importante en la formación de un panel de catadores. Las operaciones de reclutamiento y selección suelen eliminar cerca del 80% de los sujetos iniciales (Costell, 1983; Rutledge y Hudson, 1990). En principio, los candidatos deben rellenar un cuestionario general con datos personales, hábitos, restricciones alimentarias, enfermedades, alergias, aversiones, etc. Se les explicará el plan de formación y el interés del experimento a realizar. En este momento se pueden eliminar individuos con restricciones, enfermedades o demasiadas aversiones hacia alimentos, dependiendo del tipo de análisis a realizar. Antes de proceder a la realización de pruebas simples, hay que proporcionar a los candidatos unas nociones básicas sobre el análisis sensorial, definición de algunos términos y técnicas. Existen una serie de pruebas sencillas, que se encuentran en la literatura especializada, orientadas a poner de manifiesto el mayor número posible de aptitudes de los candidatos (ASTM, 1981; ISO, 1993; Fortin y Desplancke, 2001).

La disponibilidad es un aspecto muy importante, los candidatos deben estar dispuestos a asistir tanto a los entrenamientos como a las evaluaciones posteriores. Es útil conocer los productos alimenticios o bebidas, especialmente entre los que se van a examinar, que repugnen a los jueces, así como cualquier razón étnica, cultural o de tipo que tengan para no consumirlos. Los candidatos algo atrevidos en sus hábitos alimentarios se revelan frecuentemente como buenos jueces para el análisis descriptivo.

1.5.3. Selección de los jueces

Los ensayos que pueden realizarse para seleccionar a los sujetos destinados a formar un panel de jueces tienen como finalidades: detectar las discapacidades sensoriales, determinar la sensibilidad sensorial y evaluar la capacidad para describir las percepciones sensoriales (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

Los principales aspectos que deben ser investigados durante el proceso de selección son: (1) sensibilidad normal en los sentidos que se emplearán en las pruebas sensoriales, (2) habilidad para diferenciar entre estímulos que difieren tanto cualitativamente como en intensidad, (3) habilidad para memorizar y reconocer sabores, (4) habilidad para expresar verbalmente las percepciones sensoriales y (5) habilidad para tratar analíticamente un alimento complejo (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

En esta etapa se realizan varias sesiones en las que se llevan a cabo diversas pruebas para determinar las aptitudes de los aspirantes, y que varían dependiendo del tipo de panel a seleccionar. Dentro de las pruebas más comunes que se realizan en la etapa de selección está la determinación de la precisión sensorial de los sujetos. Para ello se realizan pruebas de diferenciación de los sabores básicos y detección de umbrales de percepción en cada uno de

los sabores básicos. También se puede realizar una clasificación y memorización de olores (Jellinek, 1985; AFNOR, 1988; Rutledge y Hudson, 1990) y una prueba de discriminación entre los diversos niveles de una propiedad. Se realiza presentando al candidato varias muestras que varían en intensidad de una misma característica en un orden aleatorio. El juez debe clasificarlas por orden creciente de intensidad. Se puede hacer con propiedades como la apariencia, la textura, el sabor y el olor (Cross y col., 1978b; Durán y Calvo, 1982; Anzaldúa-Morales, 1994). Se suelen utilizar también las pruebas triangulares para ver si los aciertos de los jueces son debidos al azar (Zook y Wessman, 1977; Sanford, 1989; Anzaldúa-Morales, 1994). Para completar el proceso se pueden realizar ejercicios de reconocimiento de alimentos simples, para evaluar la capacidad del candidato de reconocer un flavor, y ensayos de descripción de la textura (Amerine et al., 1965; Martin, 1973; Civille y Szczesniak, 1973; Stone et al., 1974). Se les pide a los candidatos que describan la textura de una serie de alimentos, con sus propios términos o con otros, ayudados por el analista. Se les asignará un baremo de puntos según sus descripciones más o menos acertadas. Al final de este proceso de selección, el analista podrá escoger entre los candidatos a los 15 mejores para pasar a la siguiente fase que es el entrenamiento en grupo (Fortin y Desplancke, 2001).

1.5.4. Entrenamiento de los jueces

El entrenamiento de los sujetos se debe efectuar con objeto de que se familiaricen con los procedimientos de las pruebas que realizarán, para que mejore su capacidad de reconocer e identificar los atributos sensoriales de un producto concreto y para que proporcione una respuesta precisa (F.C Ibáñez y Barcina, 2000).

El entrenamiento está encaminado a explorar los cinco sentidos, presentando estímulos que favorezcan la disminución de los umbrales de percepción, así como el aprendizaje de un lenguaje descriptivo adecuado. Los jueces aprenderán a identificar y describir sus percepciones, determinar el orden de aparición, apreciar el grado de intensidad de cada propiedad y a reconocer los regustos y persistencias (Miller, 1994). En esta fase se realizarán varias sesiones con diversos tipos de pruebas. (Banfield y Harries, 1975; Rutledge y Hudson, 1990).

El entrenador o analista debe crear un ambiente agradable de trabajo, con buena comunicación. No debe intimidar a los jueces, pero al mismo tiempo debe ser capaz de mantener el control sobre el grupo. Es necesario tener un programa de entrenamiento claro antes de comenzar. Debe contener los objetivos, los temas a cubrir, los métodos, el modo de medir el cumplimiento de los objetivos, así como un calendario de actividades. Además de las correspondientes sesiones prácticas, se deben realizar sesiones teóricas, en las que se les explique a los jueces en qué consiste la evaluación sensorial, la importancia del proyecto en el que van a participar, los métodos que van a utilizar, uso de escalas, cuestionarios, vocabulario, etc. Las sesiones deben ser completas pero no muy largas, para evitar la fatiga de los jueces. Durante todo el proceso se debe comprobar cíclicamente el funcionamiento del panel. Para ello se pueden introducir una o varias muestras control dentro de las muestras a analizar (Costell y Durán, 1981; Costell, 1983; Rutledge y Hudson, 1990). El estudio de la varianza individual de las calificaciones de cada juez para estas muestras control permite determinar su

habilidad y su consistencia. También hay que observar el comportamiento y evolución del grupo (Guerrero y Guàrdia, 1998).

Hay que entrenar a un número de jueces que sea vez y media a dos veces mayor que el número finalmente requerido para el panel. Con la excepción de las pruebas de preferencia, hay que insistir a los jueces que deben ser objetivos y no deben tener en cuenta sus gustos y aversiones.

1.5.5 Estudio de consumidores

Debido a su experiencia en pruebas sensoriales de productos de alimentación, los estudios de alimentos pueden ser una ayuda importante para los productores, ya que permiten valorar y predecir las preferencias de consumidor. Sin embargo, para conseguir la validez externa de los experimentos es necesario incorporar ciertos elementos de comportamiento de compra del consumidor y del contexto en el que se desarrolla la comercialización de los productos (L. Garber *et al.*, 2003).

Un concepto fundamental en marketing es el de que “las personas no son todas iguales”, sino que son “heterogéneas”. Mientras que muchos investigadores examinan variables demográficas básicas, tales como edad y sexo, es importante tener en cuenta que las experiencias de consumo pasadas pueden causar variaciones y contradicciones aparentes en la evaluación, si no se mide o preselecciona. Por ejemplo, una frecuencia de consumo en el pasado de un producto puede alterar drásticamente su respuesta a las experiencias sensoriales y el gusto (Wansink, 2003).

Por último, hay algunos productos, que, a pesar de que deben ser orientados hacia el mercado para garantizar éxito de ventas, sus atributos sensoriales son influenciados por determinados orígenes o la transformación de algún factor. Y así surgen preguntas como las siguientes: aparte de la opinión de los consumidores, ¿ha de tenerse en cuenta la influencia de factores técnicos, culturales, sociales y medioambientales para obtener productos diferenciados? ¿Sería conveniente proponer un método de análisis sensorial validado y reconocido (acreditado), que permita una evaluación directa de la calidad previamente definida para un producto, por medio de un panel de expertos panelistas entrenados específicamente para tal propósito? (Pérez Elortondo *et al.*, 2007).

Una cuestión importante en el diseño de los estudios de aceptabilidad sensorial es el número de consumidores (N) que son necesarios para realizar la prueba. Los valores de N recomendados en la literatura varían. Cámaras y Baker Wolf (1996) indican que por lo general 100 personas es un número adecuado para la mayoría de las pruebas de los pequeños consumidores, pero el número exacto depende del diseño experimental. Meilgaard *et al.*, (1999) afirmó que para las pruebas de ubicación central, por lo general, se recogen las respuestas de entre 50 y 300 por lugar; y Stone y Sidel (2004) recomienda de 25 a 50 sujetos por producto en pruebas de laboratorio, 100 o más respuestas por producto en las pruebas de ubicación central y entre 50 y 100 familias para las pruebas de uso en el hogar. Estos últimos autores se refieren a la maldición "N" como el "error de considerar que la validez está directamente asociada con el uso de un gran número de consumidores".

El concepto de calidad sensorial es difícil de definir, porque no está ligado exclusivamente a características o propiedades intrínsecas del alimento, sino que es el resultado de la interacción entre éste y el consumidor. Si el establecimiento de sistemas de control y garantía de la calidad de los alimentos en aspectos relativos a su composición química, seguridad microbiológica y toxicológica o características nutritivas presenta problemas prácticos en la elección de las características o propiedades que hay que valorar y en la de los métodos analíticos que se deben utilizar, cuando se trata de establecer sistemas para controlar lo que habitualmente se denomina “calidad sensorial”, estos problemas se multiplican. “Calidad sensorial es el conjunto de características que diferencian entre distintas unidades de un producto y que influyen en la aceptación del mismo por el consumidor”.

Uno de los puntos más conflictivos del control de la calidad sensorial de los alimentos es la calificación de su calidad de acuerdo con el estándar mental que sobre ella ha desarrollado uno o un grupo de expertos. Las críticas a este sistema se centran principalmente, en dos aspectos: a) La posible falta de concordancia entre los estándares mentales de diferentes expertos sobre la calidad de un mismo producto; y b) No se puede asumir que la opinión de los expertos representa siempre la de los consumidores.

La definición de una especificación incluye los siguientes pasos:

1. Selección de un grupo de muestras de características sensoriales diferentes que representen la variabilidad real de las mismas. Según el objetivo del programa de control, en muchas ocasiones es conveniente, además, incluir en el estudio muestras con algunos de los defectos más importantes, de distintas marcas o de otros orígenes.
2. Evaluación de la diferencia o diferencias perceptibles entre cada una de las muestras y el estándar, por comparación directa con el producto control o evaluando la magnitud de los atributos y defectos incluidos en el estándar previamente desarrollado.
3. Evaluación de la aceptabilidad de las muestras por un grupo amplio de consumidores.
4. Análisis de la relación entre la variabilidad del producto o de los atributos y las diferencias en la aceptación de las muestras por los consumidores. Como resultado, se obtiene información sobre los atributos cuya variación influye o no directamente en la aceptabilidad. Esta información, considerada conjuntamente con los criterios de calidad propios de la empresa, permite el establecimiento de la especificación sensorial definitiva. En cualquier caso, el desarrollo de estándares y de especificaciones para controlar la calidad sensorial no es fácil ni rápido. En muchas ocasiones, no se obtiene un resultado satisfactorio al primer intento y es necesario modificar el estándar o la especificación propuestos inicialmente. Por otra parte, hay que estar pendiente de las variaciones que se producen en el mercado por cambios en las preferencias de los consumidores, de sus hábitos alimentarios, de su grado de exigencia, de las modas, etc., o de las modificaciones que la introducción de nuevos productos puede provocar en la estructura del mercado. El problema se plantea cuando hay que utilizar métodos sensoriales para decidir si un producto cumple o no con la especificación establecida.

El método para calificar el grado de calidad se basa en construir una hoja de cata con escalas ordinales mixtas, con números enteros y la descripción de las características que definen la calidad correspondiente a cada uno de ellos. La amplitud de la escala puede ser de 3, 6 ó 9 puntos. La escala hedónica estructurada de 9 puntos fue desarrollada en el ejército de los EEUU para abastecer a las cantinas de la comida que pudiera gustar a los soldados, entre los años 40-50. Ha sido descrita por Peryam y Girardot (1952); Jones y Thurstone (1955) y Edwards (1952). Es adecuada para detectar diferencias de preferencia en varios alimentos. De tal forma que el consumidor puntuará más alto el producto que prefiere y se asume que a igual puntuación no hay preferencia. Lo más frecuente es construir una escala para cada uno de los atributos sensoriales básicos: aspecto, color, aroma, sabor y textura. El tercio superior de cada escala incluye la descripción detallada de la intensidad de cada atributo correspondiente a un nivel alto de calidad; el tercio medio, la descripción correspondiente a una calidad aceptable; y el tercio inferior, la correspondiente a una calidad rechazable. Este método permite calificar rápidamente la calidad de un producto y detectar las posibles causas de su rechazo, pero requiere una cuidadosa elección de las frases que describen las características propias de cada nivel o grado de calidad y que los catadores que la realicen estén muy bien entrenados en la interpretación de las mismas.

El desarrollo de nuevos productos puede ser concebido por la idea más innovadora, diseño de la tecnología más avanzada o la comida más agradable; el éxito de su creación en el mercado siempre dependerá de las respuestas favorables y sostenibles del consumidor. El estudio de comportamiento del consumidor es un caudal de investigación comercial que pone en valor las interacciones entre consumidores y la mezcla mercadotécnica, definiendo el producto. La ciencia del consumidor estudia la interacción entre consumidor y las propiedades físicas del producto. El producto en sí mismo, se caracteriza por los atributos físicos e intrínsecos. Las características personales del consumidor, ya sean de procedencia biológica o psicológica, afectan a los comportamientos de elección y de consumo (Jaeger y MacFie 2010).

2. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es el estudio del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible antimicrobiano sobre la calidad sensorial de la pechuga de pollo; para lo cual se han establecido los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar sensorialmente mediante pruebas de análisis de diferencias, con un panel de catadores seleccionado y entrenado, si se perciben variaciones, entre productos cárnicos (en crudo y cocinados) con recubrimientos comestibles, por la presencia de una sustancia activa antimicrobiana (esencia de orégano).
2. Realizar un estudio sensorial de productos cárnicos (en crudo y cocinados) con recubrimientos activos para conocer el nivel de aceptación de los potenciales consumidores.

3. Diseño experimental

El orden de la totalidad de las pruebas realizadas en el presente trabajo serán las siguientes:

Pruebas sensoriales discriminantes con catadores

1. En crudo.

1. A. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado dentro de un **envase cerrado**

1. B. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado en **bandeja abierta**

2. Cocinado.

2. A. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **salsa Lizano**.

2. B. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado**

2. C. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado y salsa Lizano**

Pruebas sensoriales hedónicas de consumidores

3. En crudo: Analizar mediante escala hedónica la aceptación de medallones de pollo. sin tratar (control), recubiertos (WPI) y recubiertos con WPI más aceite esencial y orégano espolvoreado.

4. Cocinado: Analizar los mismos tratamientos con la materia prima cocinada.

4. Material y métodos

4.1 Material

Materia prima:

Pechuga de pollo tipo broiler (grupo UVESA, Tudela, Navarra).

Materiales para la elaboración del recubrimiento:

Componente base.- Proteína de suero lácteo WPI (Davisco Food Internacional, EEUU), al 10% en las soluciones acuosas.

Aditivo.- El plastificante utilizado en las formulaciones es el glicerol (Panreac Química, Barcelona), que en la solución acuosa se encontrará al 5%.

Productos adicionales.- En todas las disoluciones se realizarán con agua destilada como solvente.

Material activo: El aceite esencial utilizado para el recubrimiento comestible antimicrobiano será de orégano (*Coridothymus capitatus*), que en las soluciones se encontrará al 1%. (Aceites esenciales DICANA).

Materiales y equipos utilizados:

- ✓ Termoselladora de bandejas FP Basic (Ilpra Systems, España)
- ✓ Ultra-turrax (T25 basic IKA WERKE)
- ✓ Baño termostático de precisión con agitación y regulación electrónica. (Unitronic Orbital, Selecta, Barcelona)
- ✓ Barquetas de composición: PP/EVOH/PP.
- ✓ Plástico P12-2050P x NP (Tecnopack, España)
- ✓ Agua mineral Eroski, Manantial de Fontecelta
- ✓ Panecillos sin sal (Recondo sin sal)
- ✓ Salsa a las 5 pimientas (El Argentino)
- ✓ Salsa Barbacoa (Ybarra)
- ✓ Salsa LEA & PERRINS
- ✓ Salsa Lizano (Costa Rica)
- ✓ Orégano (marca Eroski)

4. 2. Métodos

4.2.1. Elaboración de Soluciones Formadoras de Recubrimientos Antimicrobianos

Como se expone en la Figura 1, las soluciones formadoras de recubrimientos comestibles (SFR) se elaboraron a partir de soluciones acuosas al 10% de WPI (Davisco Food Internacional, EEUU) y 5% de glicerol (Panreac Química, Barcelona). Dichas soluciones se calentaron en un baño termostático con agitación a 90°C (Fig.1) durante 30 minutos (McHugh y Krochta, 1994). Para elaborar SFR con actividad antimicrobiana se añadió 1% (p/p) de aceite esencial de orégano (*Coridothymus capitatus*), suministrado por Laboratorios Dicana (Barcelona).

La homogeneización de las fases (Fig. 2) se realizó a 24000 rpm durante 2 minutos con un Ultra-turrax (T25 basic IKA WERKE). Finalmente, las SFR se filtraron y desgasificaron a vacío (Fig. 3).

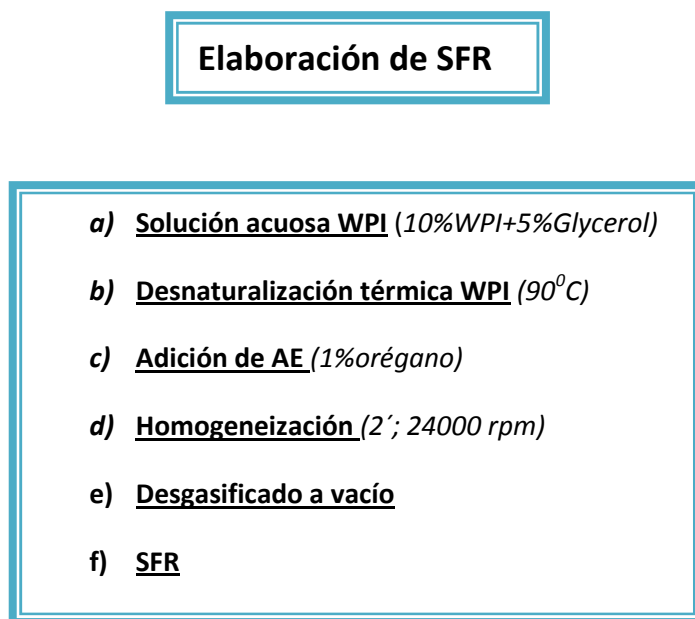


Figura 1: Protocolo de elaboración de una Solución Formadora de Recubrimientos Antimicrobianos



Figura 2: Desnaturalización térmica de la proteína empleando un baño termostático.



Figura 3: Homogeneización de las soluciones con Ultra-turrax (T25 basic IKA WERKE)



Figura 4: Desgasificación a vacío

4.2.2. Desarrollo del protocolo de aplicación de los recubrimientos

Recientemente, en el grupo de investigación ALITEC de la Universidad Pública de Navarra, Fernández Pan (2011) evaluó en su tesis doctoral un protocolo para obtener un recubrimiento comestible basado en WPI lo más imperceptible posible. Dicha película se presentaba como una “segunda piel” sobre pechuga de pollo fileteada sin piel, a partir del método propuesto por Osés (2006).

En el desarrollo del protocolo que sigue, en lugar de trabajar con la pechuga de pollo entera, se trabajó sobre medallones homogéneos, a partir de los cuales se podía comprobar la continuidad de los recubrimientos. Los medallones se obtuvieron a partir de pechugas de pollo fileteadas sin piel de 1 cm. de grosor, procedentes de broilers sacrificados el mismo día de los tratamientos, y proporcionadas por la planta de procesado de aves de UVESA (Tudela, Navarra). Se obtuvieron medallones homogéneos de 5 cm. de diámetro mediante un sacabocados de acero inoxidable.

La aplicación de los recubrimientos se realizó el mismo día de la evaluación, dentro de las primeras 24 horas. En la figura 5 se muestran las etapas seguidas para la aplicación de los recubrimientos comestibles tras la preparación de las SFR y los medallones homogéneos de pechuga de pollo, según el método expuesto en la tesis doctoral de Fernández Pan (2011).

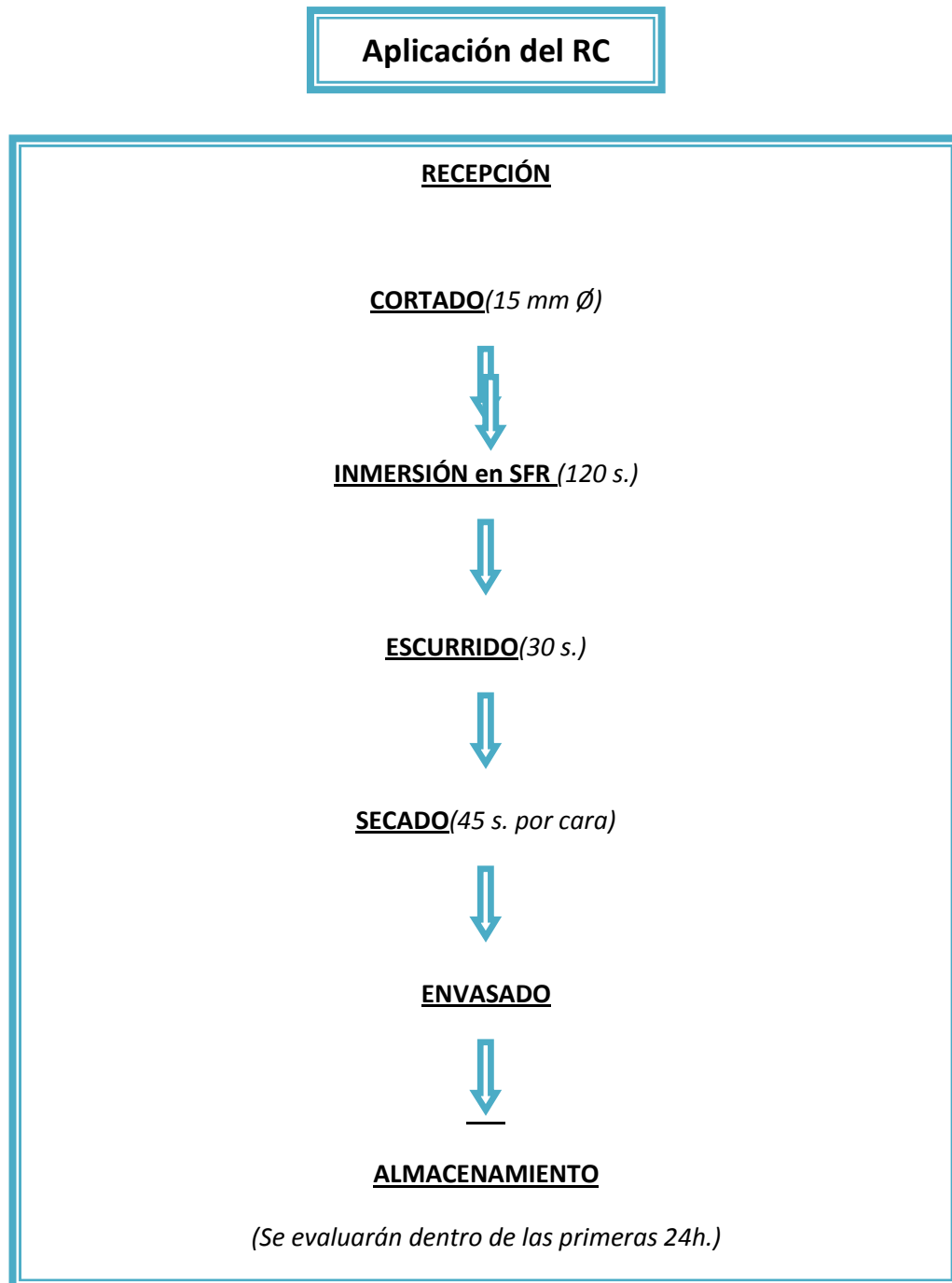


Figura 5: Protocolo de aplicación del recubrimiento comestible sobre pechuga de pollo.

Los recubrimientos comestibles se aplicaron sobre los medallones de pollo (5 cm. de diámetro y 2 cm. de grosor) por inmersión en 100 ml de SFR durante 2 minutos (Fig.6). A continuación, el exceso de SFR se escurrió durante 30 segundos y, finalmente, los recubrimientos se formaron por secado a través de corrientes de aire frío, con una exposición de 45 segundos para cada cara del medallón.

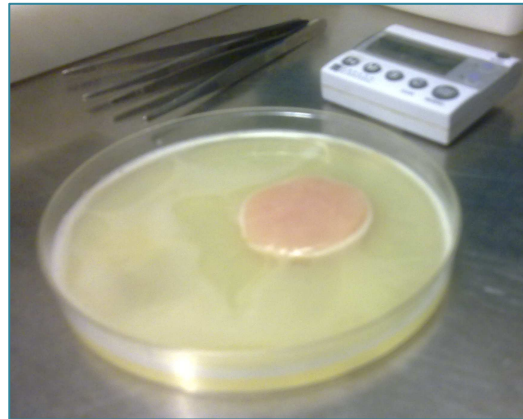


Figura 6: Inmersión de la pechuga de pollo en las SFR.

Así, el protocolo de aplicación de los RC seleccionado de pollo fue:

- 1.- Inmersión en 100 ml de SFR durante 2 minutos. (Fig.6)
- 2.- Ecurrido del exceso de SFR durante 30 segundos
- 3.- Secado a través de corrientes de aire frío, con una exposición de 45 segundos para cada cara del medallón.

Una vez seguido este protocolo de aplicación de los recubrimientos, se pasó a comprobar los resultados de la adición de los AEs de orégano al 1 % de AE, para evaluar si el efecto antimicrobiano de los recubrimientos alteraba las características de los mismos. Se observó que los recubrimientos mantenían su estabilidad, insolubilidad, homogeneidad y continuidad.

Así, tal y como se muestran en la Figura 7, los recubrimientos aplicados se presentaron de forma homogénea y transparente, pudiéndose considerar como una “segunda piel” imperceptible para un potencial consumidor. Las muestras de pechuga de pollo recubiertas presentaron un aspecto muy similar al de las muestras control (no recubiertas), aunque el recubrimiento les aportó brillo, además del olor característico del AE que se había incorporado (orégano).

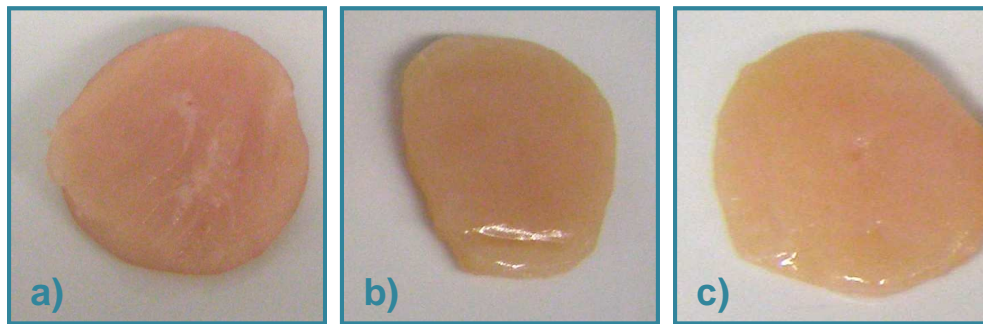


Figura 7: Aspecto de los medallones con los diferentes tratamientos. a) medallón sin recubrir. b) medallón recubierto con aceite esencial al 1%. c) medallón recubierto de WPI sin aceite esencial.

➤ Almacenamiento de los medallones en crudo

Como se ha descrito anteriormente, el recubrimiento se hizo el mismo día en el que se realizaron las pruebas sensoriales pertinentes. Una vez recubiertos los medallones, se depositaron en barquetas de PP/EVOH/PP. Las barquetas se cerraron en la termoselladora de bandejas FP Basic con el plástico anteriormente descrito.

En cada barqueta se depositaron 3 medallones recubiertos para un menor rozamiento entre ellos, tal y como se muestra en la Figura 8. Las barquetas se mantuvieron en refrigeración hasta el momento del ensayo.



Figura 8: A) Aspecto de las barquetas.

B) Termoselladora.

➤ Protocolo de cocinado

El método de cocinado que se siguió fue el descrito por Aguirre 2011, según las indicaciones de Briz y García (2004), y tras unos ensayos preliminares de diferentes métodos de cocinado. El método resultante se basó en el aspecto del pollo y en el modo de cocinado

más común de los consumidores. El cocinado se realizó a la plancha. Los parámetros finales que se siguieron se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1: Protocolo de cocinado

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Temperatura de cocinado (°C) | 200°C |
| Tiempo (minutos) | 2' (1' por cada cara) |
| Temperatura interior (°C) | 66°C |

4.2.3. Pruebas de análisis sensorial

Una vez obtenidos los medallones de pollo recubiertos con la película, se realizaron las convenientes pruebas sensoriales, siguiendo las normas ISO y UNE de Análisis sensorial. Para ello se partió de un panel de jueces seleccionados y entrenados conforme a la norma UNE 87 024-1:1995. Estos jueces fueron entrenados con vistas a la posterior cata de pechuga de pollo, mediante pruebas relacionadas con la textura, color, olores y sensibilidad gustativa. Para ello se realizaron pruebas triangulares y de ordenación.

Pruebas sensoriales discriminantes con catadores

Para las pruebas discriminantes se partió de un panel de catadores seleccionados y entrenados según la normativa ya nombrada, UNE 87024-1:1995. El reclutamiento fue realizado de forma individual para cada uno de los candidatos. Se contactó con un total de 40 posibles candidatos para ingresar en el panel; de las 40 personas entrevistadas, 22 aceptaron tomar parte en la puesta a punto del panel. Para la selección y entrenamiento del panel final se convocaron 5 sesiones, 3 de ellas dirigidas a la selección y las dos siguientes sesiones orientadas al entrenamiento. Dentro de las 3 sesiones de selección se incluyeron pruebas de preselección para la detección de incompatibilidades para la participación de los jueces en un panel de cata. Una vez finalizada la etapa de selección de jueces, de los 22 candidatos iniciales, 14 fueron los que superaron todas las pruebas y 8 los eliminados. Pese a que el número necesario de jueces para la prueba objetivo era de 12, los 14 pasaron a la etapa de entrenamiento, con el objetivo de contar con suplentes ante posibles bajas de jueces el día de la prueba. Para obtener el número suficiente de evaluaciones totales (24) para la prueba triangular según la norma se emplearon 12 catadores que evaluaban dos triadas de muestras cada uno siempre diferentes.

Después de tener a punto el panel de jueces, la totalidad de las pruebas realizadas en los análisis discriminantes fueron pruebas triangulares, las cuales se siguieron mediante la

metodología propuesta en la norma UNE-EN ISO 4120. Esta norma internacional describe un procedimiento para determinar si existe diferencia o similitud sensorial perceptible entre muestras de dos productos. Al principio de cada prueba se ofrece una breve explicación, informando de la existencia de que dos de las muestras son iguales y una diferente.

Para la realización de las catas se siguieron una serie de recomendaciones y aspectos generales comentados en las normas de análisis sensorial:

- Las pruebas se realizarán en condiciones que eviten la comunicación entre los jueces en cabinas normalizadas según la norma ISO 8589:2007.
- Los recipientes se codificarán de manera uniforme mediante cifras de tres dígitos elegidos al azar para cada prueba. Cada muestra tendrá un código diferente. Para las pruebas triangulares, las muestras deben ser presentadas codificadas con un número de tres cifras y en un orden determinado: BAA ABA AAB ABB BAB BBA
- La cantidad será idéntica en las tres muestras (en este caso, los medallones fueron iguales para cada tríada). La temperatura de las muestras también será idéntica.
- Si un juez no detecta diferencia entre las muestras se le debe pedir que seleccione una muestra al azar e indique en la sección de comentarios del formulario de respuestas que la selección fue una suposición.

En crudo.

*1. A. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado dentro de un **envase cerrado***

El primero de los análisis se realizó con materias primas sin cocinar. Para ello se realizó una prueba triangular conforme a la normativa UNE. En primer lugar se dispusieron tres muestras codificadas para cada juez en dos series, sobre barquetas cerradas con un plástico, Figura 9. Las barquetas anteriormente descritas se pueden asemejar a las encontradas en cualquier punto de venta, de color blanco y con un plástico transparente sin brillo. En éstas se colocaron los medallones conforme al orden establecido en la normativa de pruebas triangulares, en la cual dice que cada juez no podrá recibir dos distribuciones iguales. Las tres muestras tenían orégano espolvoreado sobre ellas recubriendo la totalidad del medallón, dejando ver la piel.



Figura 9: Primera prueba triangular. Presentación de los medallones en crudo y bandeja cerrada.

1. B. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado en **bandeja abierta***

En segundo lugar, las muestras se presentaban en una bandeja sin cubrir para el análisis de los jueces, con el mismo procedimiento que en la anterior.(Fig.11)



Figura 10: Segunda prueba triangular. Presentación de los medallones en crudo y bandeja abierta.



Figura 11: Presentación de la prueba en una cabina normalizada.

Cocinado.

2. A. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **salsa Lizano**.*

Los siguientes análisis discriminantes se realizaron con materia prima cocinada. Para el cocinado de las muestras se siguió el protocolo descrito por Aguirre (2011). Las muestras fueron cocinadas a la plancha, con una temperatura de cocinado de 200°C, empleando un tiempo de 1 minuto de cocinado por cada cara. De esta forma, el punto crítico, en el interior del medallón, era de 66°C. Al igual que en la prueba en crudo se presentaron 2 combinaciones de orden distinto con tres muestras codificadas por plato para cada juez. En esta prueba se comparaban medallones de pollo sin recubrir con Salsa Lizano (tratamiento fuerte) frente a producto recubierto con WPI y aceite esencial de orégano al 1%, más la Salsa Lizano.

2. B. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado***

Las muestras fueron presentadas de igual modo que en la prueba anterior. En este caso las muestras se espolvoreaban con orégano cubriendo la superficie del medallón.(Fig.12)

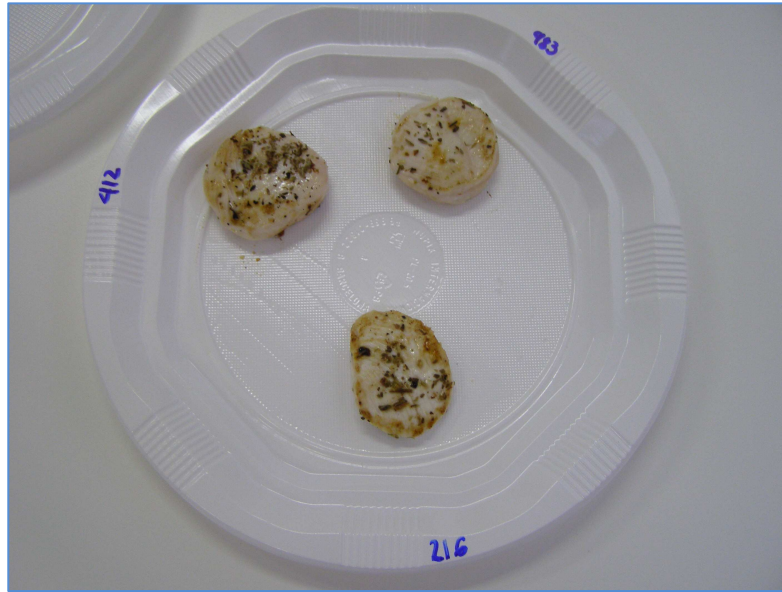


Figura 12: Prueba cocinada. Presentación para análisis.

2. C. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado y salsa Lizano**

De igual modo que en pruebas anteriores y con el mismo procedimiento se analizaron muestras cocinadas, en este caso muestras con aceite esencial, orégano espolvoreado y salsa Lizano, frente a muestras sin tratar pero con el mismo acompañamiento.

En todas las pruebas realizadas, los jueces rellenaron en una ficha de cata; dicho formulario incluía una sección de observaciones. Dicho formulario fue extraído de la norma ISO 4120.

Los resultados de todas las pruebas triangulares fueron extrapolados a la población según la normativa de la prueba triangular antes nombrada.

Pruebas sensoriales hedónicas de consumidores

Para completar el estudio realizado mediante pruebas discriminantes con jueces seleccionados y entrenados se realizó una prueba hedónica que permitiera conocer el nivel de agrado del producto estudiado por parte de los consumidores. Para ello se contó con un total de 80 consumidores. El rango de edad fue entre 18 y 44 años. El número de consumidores masculino fue de 55, frente a 25 mujeres.

Las pruebas de consumidores evalúan la respuesta personal de los consumidores (potenciales o reales) hacia un producto. En este TFC se realizó una prueba hedónica en la que se pedía al consumidor que valorara su grado de satisfacción general ante determinado producto, en este caso el pollo con recubrimiento de proteína de suero y con aceite esencial de orégano, WPI y de pechuga sin tratar, utilizando una escala determinada. La escala utilizada en este análisis fue de 9 puntos, Tabla 2:

Tabla 2: Escala hedónica de 9 puntos usada en la prueba de consumidores

| |
|-------------------------------|
| 1 = Me disgusta muchísimo |
| 2= Me disgusta mucho |
| 3= Me disgusta moderadamente |
| 4 =Me disgusta un poco |
| 5= Ni me gusta ni me disgusta |
| 6 = Me gusta |
| 7= Me gusta moderadamente |
| 8= Me gusta mucho |
| 9= Me gusta muchísimo |

Los atributos sensoriales que se analizaron en la prueba fueron los siguientes:

Para la prueba cocinada (Fig.13)

- Apariencia (visual)
- Aroma
- Flavor (sensación olfatogustativa en boca)
- Textura en boca
- Valoración global

Para la prueba en crudo (Fig.14)

- Apariencia (visual)
- Aroma

- Valoración global

Antes de cada prueba se dieron una serie de recomendaciones sobre el procedimiento y una explicación de cada uno de los atributos sometidos a valoración. Todas las muestras se encontraban codificadas y debieron ser valoradas en el orden expuesto. Para evitar la saturación sensorial se emplearon sustancias auxiliares, en este caso agua y panecillos sin sal. Las muestras eran probadas en el orden establecido, de forma que la que produjese umbral de saturación fuese la última. A parte de seguir un orden, se debían valorar cada una de las muestras sin comparar con las otras.

El estudio se realizó en la sala de catas normalizada según la norma UNE 87-004-79, de la Universidad Pública de Navarra en el edificio de Los Olivos.

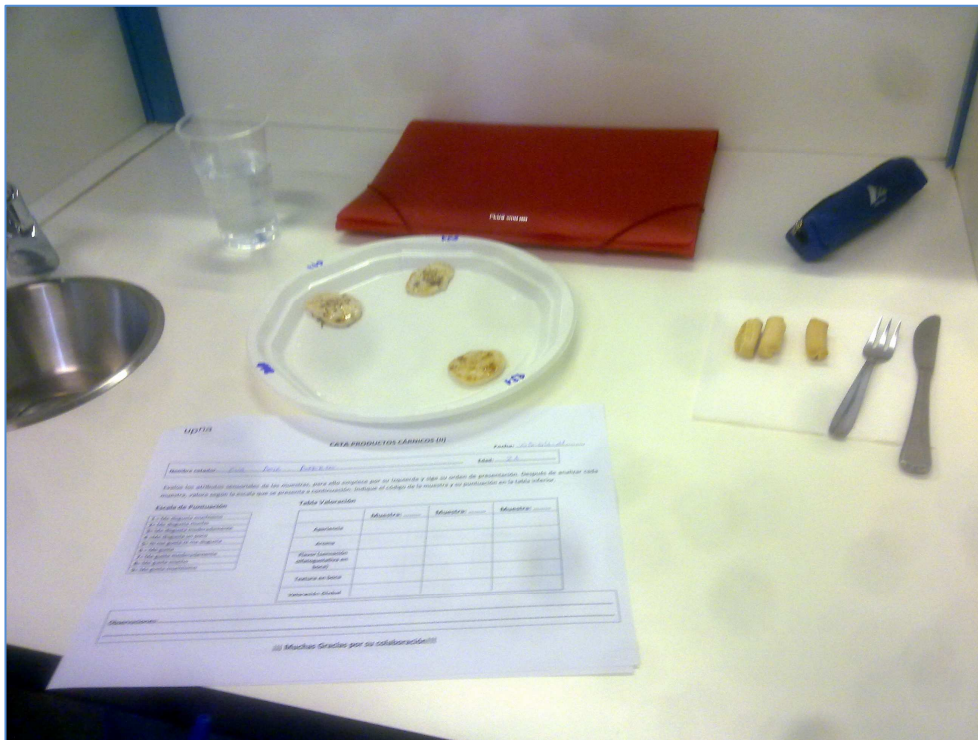


Figura 13: Presentación de las muestras para la prueba consumidores en cocinado.

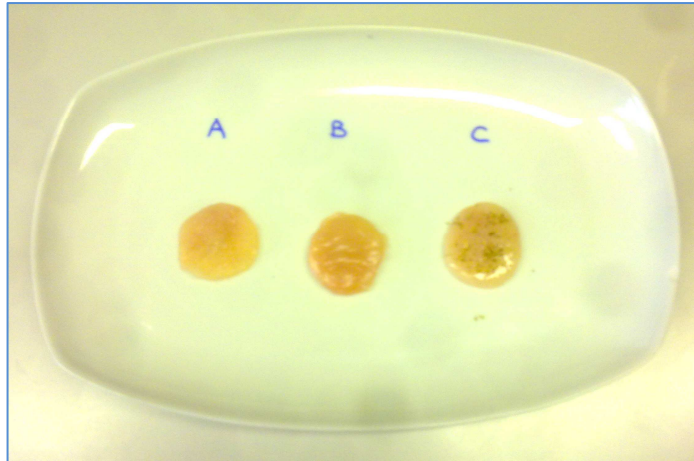


Figura 14: Presentación de las muestras en la prueba consumidores crudas.

Tratamiento de los resultados

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos en todas las pruebas triangulares se siguieron las especificaciones de la norma ISO 4120:2004 de Metodología de la Prueba triangular.

Como para las evaluaciones de las pruebas triangulares hacen falta 24 observaciones, según la tabla A.2 de la ISO 4120:2004 se indica el número máximo de respuestas $n=24$. Según la tabla A.1. de la norma ISO 4120:2004 (Pág.12) el mínimo número de respuestas acertadas necesarias para determinar que existe una diferencia es de 13 para un nivel de riesgo del 0,05 establecido.

Para la extrapolación de los resultados obtenidos a la población se siguió el planteamiento y operaciones expuestas en la norma. Con esto se consigue conocer el porcentaje de la población que detectaría o no la diferencia de producto.

Posteriormente, para el tratamiento de los resultados obtenidos en la prueba hedónica se realizó un estudio con el programa estadístico *Statgraphics 1.5*. Con el programa se realizaron diferentes estudios de la varianza para cada parámetro estudiado en las dos pruebas.

5. Resultados y Discusión.

5.1. Ensayos preliminares. Presentación de muestras.

Antes de realizar las pruebas discriminativas por el panel de jueces se analizaron las diferentes concentraciones de aceite esencial con seis expertos conocedores del producto a evaluar, los medallones de pechuga de pollo con recubrimiento antimicrobiano al 1% y 2% de aceite esencial. Las conclusiones fueron unánimes. El aceite esencial de orégano contenido en los recubrimientos era fácilmente detectable tanto por el aroma como por el sabor que confiere y puede resultar de interés presentar las muestras como producto elaborado. Además, los 6 expertos coincidieron en que la formulación que contiene 2% de aceite esencial resulta sensorialmente excesiva para aplicarse sobre pechuga de pollo. Así, se decidió realizar las pruebas discriminativas acompañando las muestras tanto control como recubiertas con diferentes salsas compatibles con el sabor y aroma al orégano. Por otro lado, se acordó el orden de las pruebas de manera que fuesen de mayor dificultad de detección a menor con el fin de dirigir en la menor medida posible el juicio del catador. **Así, se planteó el trabajo a partir de dos tipos de salsas, una fuerte y una ligera capaces de integrar el aroma y sabor del orégano como cualidad sensorial.**

Como salsa ligera se evaluó un marinado de la carne de pollo cruda durante 12 horas en refrigeración basado en aceite, sal, pimienta, orégano, sal de ajo y perejil. Esta salsa suave tuvo gran aceptación sensorial pero tecnológicamente se descartó debido a que su base oleosa podría favorecer la difusión de los compuestos antimicrobianos (fuertemente hidrofóbicos) retenidos en el recubrimiento hacia la salsa, provocando así una potencial pérdida de efectividad de los recubrimientos. Así, se decidió evitar la base oleosa y espolvorear el orégano en especia directamente sobre la superficie de los medallones de pollo.

Así, el orégano se espolvoreaba cubriendo ligeramente cada cara de los medallones crudos dispuestos sobre las barquetas o bandejas y en el caso de las muestras cocinadas se añadía en el momento de disponerlos sobre la plancha.

Como salsa fuerte se evaluaron 4 salsas comerciales dirigidas al sector de productos cárnicos (Fig.15):

- Salsa a las 5 pimientas (El Argentino)
- Salsa Barbacoa (Ybarra)
- Salsa LEA & PERRINS
- Salsa Lizano (Costa Rica)

Se prepararon bandejas que contenían 4 ml (aprox.) de cada salsa y 3 medallones de pechuga de pollo (Fig.16). El primero, pechuga de pollo no tratada, el segundo y tercero

presentaban recubrimiento comestible basado en WPI y concentraciones crecientes (1 y 2%) de AE de orégano. Se probaron todas las salsas para cada tipo de medallón presentado.



Figura 15: A) Salsas fuertes sometidas a pruebas de compatibilidad con las medallones de pechuga de pollo control y recubiertos. B) Salsa Lizano.

La salsa a las cinco pimentas se descartó por unanimidad ya que no se aceptó un fuerte retrogusto lácteo. La salsa LEA & PERRINS también se descartó por unanimidad puesto que resultó muy fuerte para un producto insípido como la pechuga de pollo.

La salsa barbacoa se aceptó por su compatibilidad con el sabor a orégano que proporcionan las muestras, pero finalmente, se probó la salsa Lizano que fue además de aceptada, aconsejada por unanimidad. Esta salsa es agridulce (debido a la melaza), algo picante (muy ligero) y posee fuerte aroma y sabor especiado (cominos y apio).



Figura 16: Prueba de compatibilidad de las muestras con las 4 salsas fuertes evaluadas. Arriba y desde la izquierda: salsa Lea & Perrins, Barbacoa, Lizano y 5 pimentas. Abajo y desde la izquierda, medallón no recubierto, recubierto, recubierto con AE de orégano 2%.

Aunque ya se explicó más detalladamente en el Diseño experimental, se decidió presentar las muestras con un acompañamiento/tratamiento ligero, (orégano espolvoreado), y/o una salsa fuerte, (salsa Lizano). Finalmente el orden de las pruebas que se estableció fue:

Pruebas realizadas con materia prima en crudo:

Prueba 1: Comparación medallones Control vs. Recubiertos *envasados cerrados*

Prueba 2: Comparación medallones Control vs. Recubiertos en *bandeja abierta*

Pruebas realizadas con materia prima cocinada:

Prueba 3: Medallón control vs. Recubiertos con WPI-OR condimentados con *salsa Lizano*

Prueba 4: Medallón control vs. Recubiertos con WPI-OR condimentados con *orégano espolvoreado*

Prueba 5: Medallón control vs. Recubiertos con WPI-OR condimentados con *orégano espolvoreado y salsa Lizano*.

*Siendo:

Medallón control: pechuga sin tratar.

WPI-OR: pechuga recubierta con proteína de suero lácteo y aceite esencial de orégano.

5.2. Análisis sensoriales discriminantes

Como ya se ha comentado en anteriores apartados, la totalidad de las pruebas de análisis sensoriales discriminantes se realizó con jueces seleccionados y entrenados, en total 12 jueces. Todas las pruebas de análisis sensorial realizadas se llevaron a cabo mediante el método de pruebas triangulares siguiendo las normas anteriormente reseñadas. El objetivo de la realización de esta prueba sensorial es el conocer si existe o no una diferencia.

1. En crudo.

1. A. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado dentro de un **envase cerrado***

Las primeras pruebas discriminantes realizadas por los jueces fueron con los medallones de pollo en crudo. En primer lugar se dispusieron tres muestras por juez en dos series codificadas, sobre barquetas cerradas con un plástico como se muestra en la Figura 17. Las barquetas anteriormente descritas se pueden asemejar a las encontradas en cualquier punto de venta, de color blanca y con un plástico transparente sin brillo. En éstas, se colocaron las muestras codificadas con una disposición tal y como se indica en la norma como se explica en Material y Métodos. Las tres muestras tenían orégano espolvoreado sobre ellas recubriendo la totalidad del medallón dejando ver la piel.



Figura 17: Primera prueba triangular. Crudo en barqueta cerrada

Como explica la normal, cuando el número de respuestas es de 24, para que existan diferencias tiene que existir un mínimo de 13 respuestas acertadas. En esta prueba se obtuvieron un total de 21 respuestas correctas de las 24, reflejando diferencias significativas entre las muestras. El comentario más repetido entre los jueces fue el mayor brillo que presentaba el medallón recubierto.

Para la extrapolación de los resultados de las pruebas triangulares a la población se siguieron las indicaciones de la norma UNE-EN ISO 4120. El valor de riesgo establecido para todos los casos será de 0,05 siendo en el número de jueces de 80 para la totalidad de los casos. Un riesgo- α de 5% a 1% (0,05 a 0,01) indica evidencia moderada de que existen diferencias. Según este riesgo establecido, el valor de $z\beta$ será de 1,64

Para esta primera prueba triangular, al extrapolar los resultados a la población a través de la los coeficientes $z\beta = 1,64$ y para $\alpha = 0,05$, a través de la ecuación 1, se deduce que el 97,86% de la población detectaría la diferencia entre el medallón sin recubrir con orégano espolvoreado y el medallón recubierto con aceite esencial al 1% con orégano espolvoreado con una bandeja cerrada.

$$\text{Ec. 1: } [1,5(x/n) - 0,5] + 1,5z_{\beta}\sqrt{(nx - x^2)/n^3} = [1,5(21/24) - 0,5] + 1,5 \times 1,64 \sqrt{(24 \times 21 - 21^2)/24^3} = 97,86 \%$$

Donde: x: número de aciertos ; n: número de jueces

1. B. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano y orégano espolvoreado en **bandeja abierta**

En segundo lugar, las muestras se presentaban en una bandeja sin cubrir para el análisis de los jueces (Fig.18). Ésta bandeja era de porcelana blanca. Por último, los jueces deberían rellenar en un formulario el código de la diferente en cada serie, incluyendo una sección de comentarios para que los jueces incluyan sus observaciones sobre las razones de su respuesta. En la primera prueba en crudo, la vista es lo más influyente ya que la bandeja se encuentra cerrada, sin embargo cuando la presentación se hace en una bandeja abierta la vista y el aroma son los más influyentes.



Figura 18: Segunda prueba triangular. Crudo en bandeja abierta

En la segunda prueba triangular en crudo tuvo unos resultados parecidos a la prueba anterior, teniendo ésta un total de 22 respuestas correctas de un total de 24, reflejando diferencias significativas entre las muestras. Sin embargo, las observaciones recogidas en la ficha de cata eran más variadas que en la prueba anterior. La mayor parte de los jueces resaltaban que el brillo de la muestra recubierta era mayor que la muestra sin tratar. Otra impresión a resaltar importante debido al tipo de prueba es el olor fuerte de la muestra con aceite esencial, que fue nombrada por un número elevado de jueces. Un número pequeño de jueces comentaron varias observaciones como que la muestra recubierta presentaba exudación o que parecía más hidratada.

Es importante destacar en estas pruebas que se obliga a la respuesta, por lo que existe 1/3 de probabilidades de acertar por azar. Si bien estas probabilidades están incluidas dentro del análisis estadístico posterior de los resultados.

El procedimiento para la extrapolación de los resultados fue el mismo que para la prueba anterior. Al extrapolar los resultados a la población a través de los coeficientes $z\beta = 1,64$ y para $\alpha = 0,05$ y de la ecuación 2, se deduce que el 100% de la población detectaría la diferencia entre el medallón sin recubrir con orégano espolvoreado y el medallón recubierto con aceite esencial al 1% con orégano espolvoreado en una bandeja abierta.

$$\text{Ec. 2: } [1,5(x/n) - 0,5] + 1,5z_{\beta}\sqrt{(nx - x^2)/n^3} = [1,5(22/24) - 0,5] + 1,5 \times 1,64 \sqrt{(24 \times 22 - 22^2)/24^3} = 97,86 \%$$

Donde: x: número de aciertos; n: número de jueces

El total de la población detectaría diferencias en la prueba del medallón sin recubrir con orégano espolvoreado y el medallón recubierto con aceite esencial y orégano espolvoreado en una bandeja.

2. Cocinado.

2. A. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **salsa Lizano**.*

Tras realizar los análisis descriptivos para las pruebas con materia en crudo, se realizaron para la materia cocinada. Para las pruebas en cocinado el procedimiento de cocinado fue el ya comentado en Material y Métodos. Al igual que en la prueba en crudo se presentaron tres muestras codificadas por plato para cada juez. En la prueba se analizaba la pechuga sin tratar frente a la pechuga recubierta con WPI y aceite esencial, condimentada con una salsa fuerte anteriormente elegida, salsa Lizano. La disposición de las muestras codificadas se realizó conforme a la UNE-EN ISO 4120. La cantidad que se suministraba de salsa por muestra era la misma, mediante pipetas de 2,5 ml. (Pipetas de Transferencia de Sarstedt), para cubrir así todo la superficie del medallón sin que sea demasiado y ahogue la carne. Antes de empezar la prueba, se dieron unas pautas para la correcta realización. El catador debía enjuagarse la boca entre muestra y muestra con una sustancia auxiliar, en este caso agua según la UNE 87-015-86.

El total de respuestas acertadas no fue tan elevado como en las pruebas anteriores en crudo. Pese a todo, se detecta la diferencia ya que 15 de los 24 acertaron con la respuesta reflejando diferencias significativas entre las muestras. Las observaciones fueron muy variadas. Cabe destacar que el sabor fuerte y picante de la muestra con el aceite esencial fue lo más comentado. Otros comentarios acertados hicieron referencia a la textura y a la dureza de las muestras con el recubrimiento.

Al igual que para las pruebas en crudo, la extrapolación de los resultados se realizó conforme a la UNE-EN ISO 4120. Para esta prueba triangular, al extrapolar los resultados a la población a través de los coeficientes $z\beta = 1,64$ y para $\alpha = 0,05$ y de la ecuación 4, se deduce que el 68.06% de la población detectaría la diferencia entre la muestra recubierta con aceite esencial y con salsa fuerte y la muestra sin recubrir con su misma salsa.

$$\text{Ec. 4: } [1,5(x/n) - 0,5] + 1,5z_{\beta}\sqrt{(nx - x^2)/n^3} = [1,5(15/24) - 0,5] + 1,5 \times 1,64 \sqrt{(24 \times 15 - 15^2)/24^3} = 68.06\%$$

Donde: x: número de aciertos ; n: número de jueces

2. B. *Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado***

La segunda prueba triangular en cocinado se realizó con el acompañamiento ligero seleccionado anteriormente. Las muestras se presentaban de igual modo que la prueba anterior. En este caso las muestras se espolvoreaban con orégano cubriendo la superficie del medallón (Fig.19). Los resultados fueron parecidos a la prueba anterior, siendo en esta 17 respuestas correctas de las 24 totales reflejando diferencias significativas entre las muestras. En el total de observaciones se comprobó que el comentario más repetido era que se apreciaba un sabor más fuerte, picante y especiado. Otros jueces comentaron que la textura era más suave y jugosa, lo que choca con las observaciones de la prueba anterior. Por último otros comentarios fueron el olor fuerte de la muestra con aceite esencial y el mayor brillo de la muestra, siendo comentados por un número mínimo de jueces.

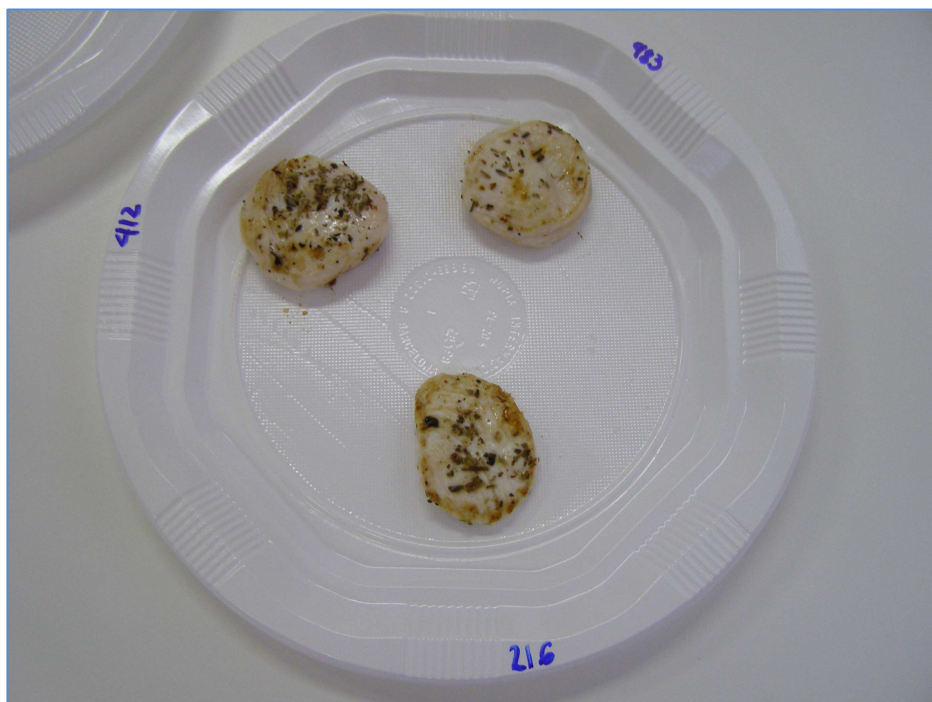


Figura 19: Prueba cocinada. . Medallón sin recubrir con orégano espolvoreado vs. Medallón recubierto con aceite esencial al 1% con orégano espolvoreado.

Para esta primera prueba en cocinado, al extrapolar los resultados a la población a través de los coeficientes $z\beta = 1,64$ y para $\alpha = 0,05$ y de la ecuación 3, se deduce que el 79.07% de la población detectaría diferencias entre el medallón recubierto con aceite esencial y orégano espolvoreado y sin recubrir.

$$\text{Ec. 3: } [1,5(x/n) - 0,5] + 1,5z_{\beta}\sqrt{(nx - x^2)/n^3} = [1,5(17/24) - 0,5] + 1,5 \times 1,64 \sqrt{(24 \times 17 - 17^2)/24^3} = 79.07\%$$

Donde: x: número de aciertos ; n: número de jueces

2. C. Analizar si existen diferencias sensoriales entre medallones de pollo sin tratar (Control) frente a medallones de pollo con recubrimiento de proteína de suero lácteo (WPI) con aceite esencial de orégano condimentados con **orégano espolvoreado y salsa Lizano**.

Tras comprobar los resultados de las pruebas anteriores se decidió aplicar un tratamiento más fuerte que lo ya analizado. Así se propuso como última prueba la presentación de las muestras con salsa Lizano aditivado con orégano en un 0,5% (p/v) para comprobar que la diferencia no era detectada por el orégano sino por ese retrogusto característico. El procedimiento de la prueba fue el mismo que en las anteriores.

Los resultados de la prueba fueron los menores que las pruebas anteriores. No se detectaba diferencia significativa ya que el número de respuestas acertadas fue menor de 13 según la norma UNE-EN ISO 4120, en este caso 10 de 24. Las observaciones fueron muy variadas. No hubo ninguna que resaltase ni se repitiera demasiado sobre el resto. La más comentada fue el sabor más fuerte y picante de las muestras con aceite esencial. Otras observaciones que se referían a la muestra con aceite esencial fueron: menor jugosidad, mayor sequedad, más sabrosa y fácil de masticar, sabor menos intenso y picante.

Como en las pruebas anteriores es importante destacar la obligatoriedad de la respuesta, por lo que muchas respuestas son al azar. Esta última pruebas realizada y la más difícil de detectar tuvo un nivel de acierto menor que las anteriores, al extrapolar los resultados a la población a través de la los coeficientes $z\beta = 1,64$ y para $\alpha = 0,05$ y de la ecuación 5, se deduce que el 39.07% de la población detectaría la diferencia.

$$\text{Ec. 5: } [1,5(x/n) - 0,5] + 1,5z_{\beta} \sqrt{(nx - x^2)/n^3} = [1,5(10/24) - 0,5] + 1,5 \times 1,64 \sqrt{(24 \times 10 - 10^2)/24^3} = 39.07 \%$$

Donde: x: número de aciertos ; n: número de jueces

5.3. Ensayos hedónicos con consumidores

Hasta ahora todos los estudios que se han hecho han sido con jueces seleccionados y entrenados para detectar diferencias de tratamientos propuestos resultando ser detectadas. A partir de ahí, se han realizado pruebas sensoriales hedónicas a consumidores para estudiar si dichas diferencias repercuten en las opiniones de los consumidores.

Antes de cada prueba se dieron dar una serie de recomendaciones para la prueba y una explicación de cada uno de los atributos a valorar. Todas las muestras estarán codificadas y deberán ser valoradas en el orden expuesto. Para evitar la saturación sensorial se emplearon sustancias auxiliares, en este caso agua y panecillos sin sal. Las muestras debían ser probadas en el orden establecido de forma que la que produzca mayor riesgo de saturación se encuentre la última. A parte de seguir un orden, se debían valorar cada una de las muestras de

forma completa, individual y de forma absoluta; es decir, sin comparar con las otras. Hay que valorar cada muestra de forma aislada, absoluta, sin relativizar, ni comparar con las otras. El estudio se realizó en la sala de catas de la Universidad Pública de Navarra en el edificio de Los Olivos.

En primer lugar se realizó la prueba en crudo. Ésta prueba consiste en valorar los principales atributos sensoriales ya nombrados con una escala hedónica en el orden establecido. Las muestras codificadas se dispondrán en una bandeja abierta de porcelana blanca.

En segundo lugar se valoraron las muestras cocinadas. El método de cocinado fue el mismo que para las pruebas discriminatorias con jueces. Las muestras codificadas y ordenadas debían ser valoradas como se expone anteriormente. Las puntuaciones y observaciones se recogieron en una ficha entregada al comienzo de la cata a cada persona.

A continuación se van a presentar los datos obtenidos en el análisis sensorial hedónico que fueron analizados mediante el software *Statgraphics 1.5*. En primer lugar serán estudiados y representados los datos para el análisis en crudo y posteriormente en cocinado.

Resultados análisis sensorial materia prima en crudo.

Para el estudio de la materia prima en crudo se analizaron tres parámetros: apariencia, aroma y valoración global. Por otro lado, los tratamientos que se aplicaron a las muestras fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: control.
- Tratamiento 2: pechuga recubierta **sin aceite esencial**.
- Tratamiento 3: pechuga recubierta **con aceite esencial y orégano espolvoreado**.

Resumen estadístico de los datos del análisis sensorial en crudo

A partir de las valoraciones otorgadas para los 80 consumidores consultados de las tres muestras analizadas se recoge en la tabla inferior un resumen de su análisis estadístico.

Parámetro a estudiar: apariencia.

Mediante el programa estadístico *Statgraphics 1.5*, se ha estudiado la apariencia para los tres diferentes tipos de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos para Apariencia, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 3: Datos apariencia. Crudo

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 5,6375 | 1,38018 | 24,4822% | 2,0 | 9,0 |
| 2 | 5,85 | 1,32264 | 22,6092% | 2,0 | 9,0 |
| 3 | 5,6875 | 1,4195 | 24,9586% | 2,0 | 8,0 |

En la tabla 3 cabe señalar que para la apariencia la mejor puntuación la ha obtenido el tratamiento 2, es decir, la pechuga recubierta sin aceite esencial, siendo la peor puntuada la pechuga normal, sin recubrir. Esta opción podría ser debida a la sequedad de la pechuga sin el recubrimiento, ya que el recubrimiento le da un ligero brillo que aparenta mayor frescura. El tratamiento con película de WPI y aceite esencial ha recibido una buena nota aprobando en la escala hedónica.

Parámetro a estudiar: aroma.

Mediante el programa estadístico se ha estudiado el aroma en crudo para los tres diferentes tipos de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos para Aroma, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 4: Datos aroma. Crudo

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 4,825 | 1,18829 | 24,6277% | 2,0 | 9,0 |
| 2 | 5,1125 | 1,40518 | 27,4851% | 1,0 | 9,0 |
| 3 | 4,425 | 1,76302 | 39,8422% | 1,0 | 8,0 |

En cuanto al parámetro Aroma, las medias son más bajas respecto a la Apariencia. El tratamiento que ha recibido una mejor puntuación es el correspondiente a la pechuga recubierta sin aceite esencial, probablemente por su menor olor a carne. Las puntuaciones para los otros dos tratamientos son menor de 5, valor intermedio de la escala de 9 puntos que significa que no gusta ni disgusta.

Parámetro a estudiar: valoración global.

Mediante el programa estadístico se ha estudiado la valoración global en crudo para los tres diferentes niveles de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios parámetros estadísticos para Valoración Global, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 5: Datos valoración global. Crudo

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 5,275 | 1,09052 | 20,6734% | 2,0 | 8,0 |
| 2 | 5,3125 | 1,28864 | 24,2568% | 2,0 | 8,0 |
| 3 | 4,7125 | 1,67024 | 35,4428% | 1,0 | 8,0 |

El aspecto más general a evaluar en crudo fue la valoración global. El tratamiento que mejor puntuación recibió fue el tratamiento 2 como en los tratamientos anteriores. Seguidamente con una puntuación ligeramente menor el tratamiento número 1 de pollo sin tratar. Por muy poco no aprueba el tratamiento número 3, de aceite esencial.

Análisis de la varianza

Después del estudio de los datos obtenidos para cada parámetro se comprueba si existe diferencias estadísticamente significativas entre las valoraciones sensoriales de los consumidores, para ello se realizan análisis de la varianza(ANOVA).

Parámetro a estudiar: apariencia.

Tabla 6: Análisis de varianza para Apariencia

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|-------------|---------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 1,975 | 2 | 0,9875 | 0,52 | 0,5937 |
| RESIDUOS | 447,875 | 237 | 1,88977 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 449,85 | 239 | | | |

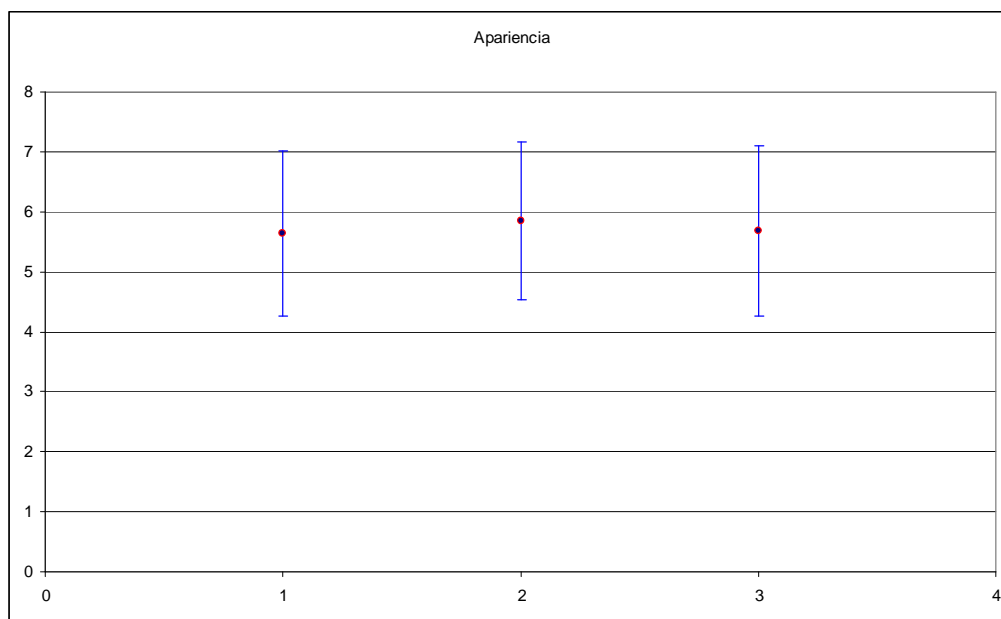


Figura 20: Gráfico de medias Apariencia en crudo

Como se muestra en la Tabla 6 y gráficamente en la Figura 20 el P-Valor obtenido entre tratamientos en cuanto a la apariencia es de 0,5937. Esto hace indicar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ya que el P-Valor es mayor de 0,05 para un nivel de confianza del 95,0%.

Parámetro a estudiar: aroma.

Tabla 7: Análisis de varianza para Aroma

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 19,075 | 2 | 9,5375 | 4,41 | 0,0132 |
| RESIDUOS | 513,087 | 237 | 2,16493 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 532,162 | 239 | | | |

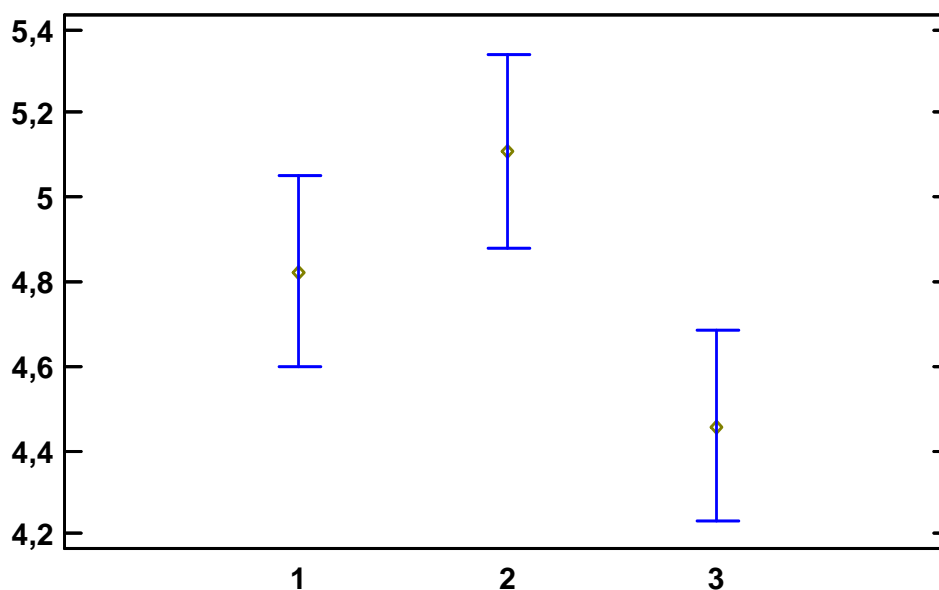


Figura21: Gráfico de medias Aroma en crudo

Para el atributo del Aroma se ha obtenido un P-Valor de 0,0132. Este valor, inferior a 0,05 hace indicar que existe diferencia estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 95,0%. Los tratamientos 2 y 3, son diferentes estadísticamente para un nivel de confianza del 95,0%. Por consiguiente, los grupos homogéneos serán el 3 con el 1 y el 1 con el 2. Esto indica que existe una mayor diferencia entre los dos tratamientos con recubrimiento. (Fig.21)

Parámetro a estudiar: valoración global.

Tabla 8: Análisis de varianza para Valoración global

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|-------------|---------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 18,075 | 2 | 9,0375 | 4,81 | 0,0090 |
| RESIDUOS | 445,525 | 237 | 1,87985 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 463,6 | 239 | | | |

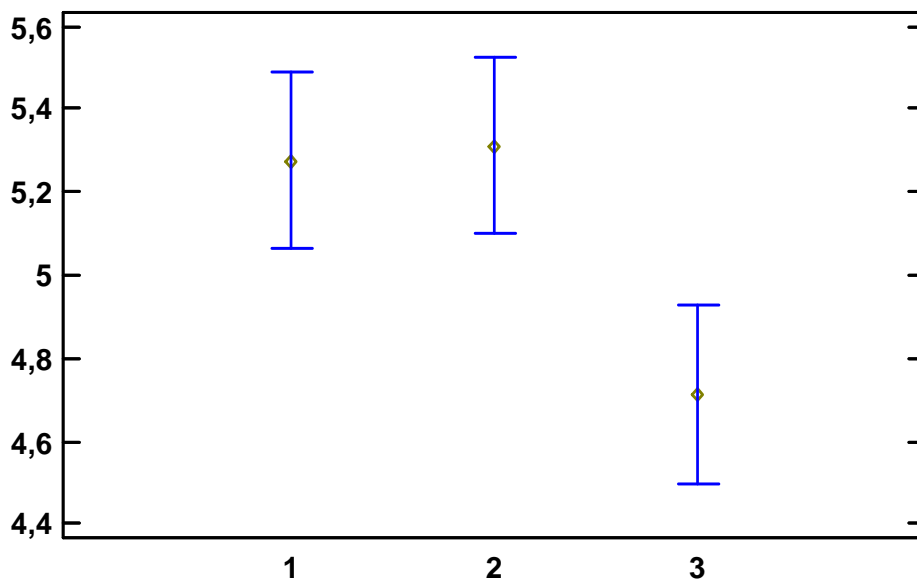


Figura22: Gráfico de medias Valoración global en crudo

El P-valor para la Valoración Global es de 0,0090. Dicho valor es inferior a 0,05 por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para un nivel de confianza del 95,0%. Los tratamientos 1-3 y 2-3 presentan diferencias estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 95,0%. Existen dos grupos homogéneos, el 1 y el 2 apreciablemente en la Figura 22.

Por último se expone una matriz de correlaciones en la que se puede apreciar la correlación lineal entre los atributos estudiados. Cabe destacar que a partir de 0,7 se considera que la correlación es fuerte, por lo que existe una dependencia importante entre los atributos.

Tabla 9: Correlaciones crudo

| | Apariencia | Aroma | Valoración global |
|-------------------|------------|--------|-------------------|
| Apariencia | | 0,4081 | 0,6162 |
| Aroma | 0,4081 | | 0,8515 |
| Valoración global | 0,6162 | 0,8515 | |

En la Tabla 9 se destaca que a la hora de realizar la valoración global en crudo, los consumidores la variable que más han relacionado entre la apariencia y el aroma fue el aroma.

Resultados análisis sensorial materia prima en cocinado.

Para el estudio de la materia prima cocinada se analizaron cinco parámetros: apariencia, aroma, flavor, textura en boca y valoración global. Por otro lado, los tratamientos que se aplicaron a las muestras fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: control con orégano espolvoreado.
- Tratamiento 2: pechuga recubierta **sin aceite esencial con orégano espolvoreado**.
- Tratamiento 3: pechuga recubierta **con aceite esencial con orégano espolvoreado**.

Resumen estadístico de los datos del análisis sensorial materia prima cocinada.

A partir de las valoraciones otorgadas para los 80 consumidores consultados de las tres muestras analizadas se recoge en la tabla inferior un resumen de su análisis estadístico.

Parámetro a estudiar: apariencia.

Mediante el programa estadístico *Statgraphics 1.5*, se ha estudiado la apariencia para los tres diferentes niveles de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos para Apariencia, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 10: Datos Apariencia cocinado.

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 6,3 | 1,26691 | 20,1097% | 3,0 | 9,0 |
| 2 | 6,55 | 1,14627 | 17,5002% | 3,0 | 8,0 |
| 3 | 6,1125 | 1,51777 | 24,8307% | 2,0 | 9,0 |

En la Tabla 10 se muestran los estadísticos obtenidos para el atributo apariencia para cada tratamiento. El tratamiento que ha recibido una mejor nota es el tratamiento que posee película de WPI. Los tres tratamientos han recibido una calificación positiva y bastante parecida entre ellos, no sobresaliendo ninguno de los tratamientos.

Parámetro a estudiar: aroma

En la Tabla 11 se exponen los estadísticos obtenidos para cada tratamiento en el atributo de Aroma en cocinado.

Tabla 11: Datos Aroma cocinado.

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 6,0 | 1,00631 | 16,7718% | 4,0 | 9,0 |
| 2 | 5,7625 | 1,39841 | 24,2673% | 2,0 | 9,0 |
| 3 | 4,7 | 1,85144 | 39,3924% | 1,0 | 8,0 |

El tratamiento con mayor puntuación para el aroma en cocinado será el 1, la pechuga sin tratar. La peor puntuación se la llevará el tratamiento con aceite esencial, debido al olor

más fuerte a orégano pero no quedando muy lejos de la puntuación que significaría indiferencia.

Parámetro a estudiar: flavor.

Mediante el programa estadístico se ha estudiado el flavor (sensación olfato-gustativa en boca) para los tres diferentes niveles de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos para Flavor, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 11: Datos Flavor cocinado

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 6,225 | 1,2219 | 19,6289% | 3,0 | 9,0 |
| 2 | 5,6125 | 1,61083 | 28,7008% | 2,0 | 9,0 |
| 3 | 3,6625 | 2,03105 | 55,4553% | 1,0 | 8,0 |

La pechuga sin tratar es la que recibió una puntuación más alta por parte de los consumidores en cuando a la sensación olfato-gustativa en boca. La pechuga recubierta con la proteína de suero lácteo aprobaba y sin embargo el tratamiento que poseía el aceite esencial recibía una puntuación por debajo de la indiferencia.

Parámetro a estudiar: textura en boca.

Mediante el programa estadístico se ha estudiado la textura en boca para los tres diferentes niveles de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos para Textura en boca, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 12: Datos Textura en boca cocinado.

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 6,625 | 1,08354 | 16,3553% | 4,0 | 9,0 |
| 2 | 6,0125 | 1,45388 | 24,1809% | 3,0 | 9,0 |
| 3 | 4,9375 | 2,02105 | 40,9327% | 1,0 | 8,0 |

Como ocurre con el anterior parámetro estudiado, el tratamiento 1 recibe la mayor puntuación mientras que el número 3 se queda con la menor puntuación. Se podría decir que el recubrimiento le podría aportar una textura diferente pero viendo la puntuación del tratamiento 2 no es así, por lo que quizás los consumidores se dejaron influenciar por el sabor. De todas formas, la puntuación del tratamiento con aceite esencial podría darse por válida ya que se encuentra muy por debajo de la indiferencia.

Parámetro a estudiar: valoración global.

Mediante el programa estadístico se ha estudiado la valoración global para los tres diferentes niveles de tratamiento. En la siguiente tabla se muestran varios estadísticos en forma de resumen para Valoración global, datos importantes que hacen ver sus principales características:

Tabla 13: Datos Valoración global en cocinado

| Tratamiento | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación | Mínimo | Máximo |
|-------------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| 1 | 6,425 | 1,04063 | 16,1966% | 3,0 | 9,0 |
| 2 | 6,0 | 1,35945 | 22,6575% | 3,0 | 9,0 |
| 3 | 3,8625 | 1,83319 | 47,4613% | 1,0 | 8,0 |

En el cuadro resumen de la Valoración global se ve como los consumidores han preferido de manera general la pechuga sin tratar. El tratamiento 2, recubrimiento de WPI ha recibido una puntuación buena por encima de la indiferencia. Sin embargo, el último tratamiento no ha recibido una puntuación buena en cuanto a la valoración global. Cabe destacar las bajas puntuaciones aportadas en todas las pruebas por los consumidores.

Análisis de la varianza

Después de realizar un estudio global para cada atributo estudiado se realiza un estudio de la varianza mediante el programa *Statgraphics 1.5* para comprobar si existen diferencias significativas entre las valoraciones sensoriales de los consumidores.

Parámetro a estudiar: apariencia.**Tabla 14:** Análisis de varianza para Apariencia cocinado

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|-------------|---------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 7,70833 | 2 | 3,85417 | 2,21 | 0,1115 |
| RESIDUOS | 412,587 | 237 | 1,74088 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 420,296 | 239 | | | |

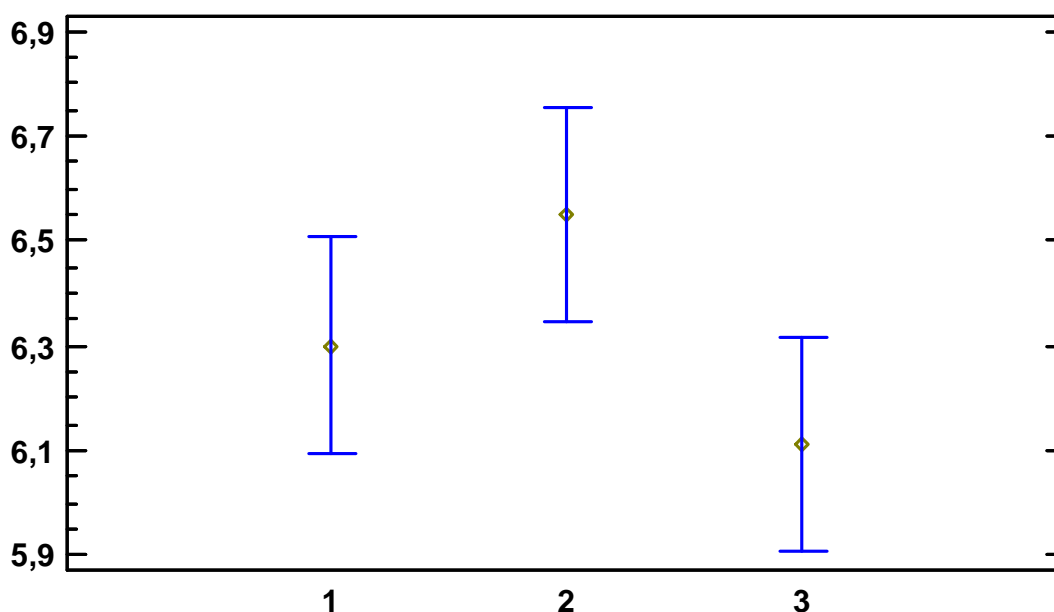


Figura 23: Gráfico de medias Apariencia cocinado

El P-Valor es de 0,1115, por lo que es superior a 0,05 y no hay diferencia estadísticamente significativa para un nivel del 95,0%. Existe una diferencia significativa entre los grupos 2 y 3 para un nivel de confianza del 95,0%. Existen grupos homogéneos, el tratamiento 1 es homogéneo con el 3 y con el 2, por lo que no tiene diferencias estadísticamente significativas.

Parámetro a estudiar: aroma.

Tabla 15: Análisis de varianza para Aroma cocinado

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|--------------|---------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 76,675 | 2 | 38,3375 | 17,98 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 505,288 | 237 | 2,13201 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 581,962 | 239 | | | |

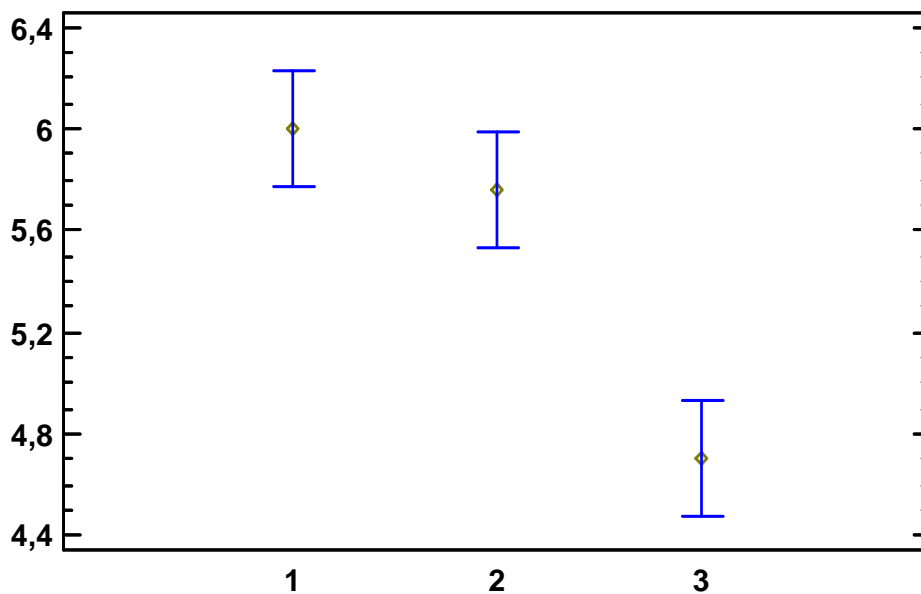


Figura 24: Gráfico de medias Aroma cocinado

El P-Valor es de 0,0000 por lo que es inferior a 0,05, existe diferencia estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 95,0%. Los tratamientos 1 y 2 son homólogos, por lo que el tratamiento 3 es estadísticamente diferente a los otros dos para un nivel de confianza del 95,0%. Como se aprecia en la Figura 24 los tratamientos 1 y 2 no tienen diferencias significativas en cuanto al aroma en cocinado.

Parámetro a estudiar: *flavor*.

Tabla 16: Análisis de la varianza para flavor cocinado

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 286,508 | 2 | 143,254 | 52,33 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 648,825 | 237 | 2,73766 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 935,333 | 239 | | | |

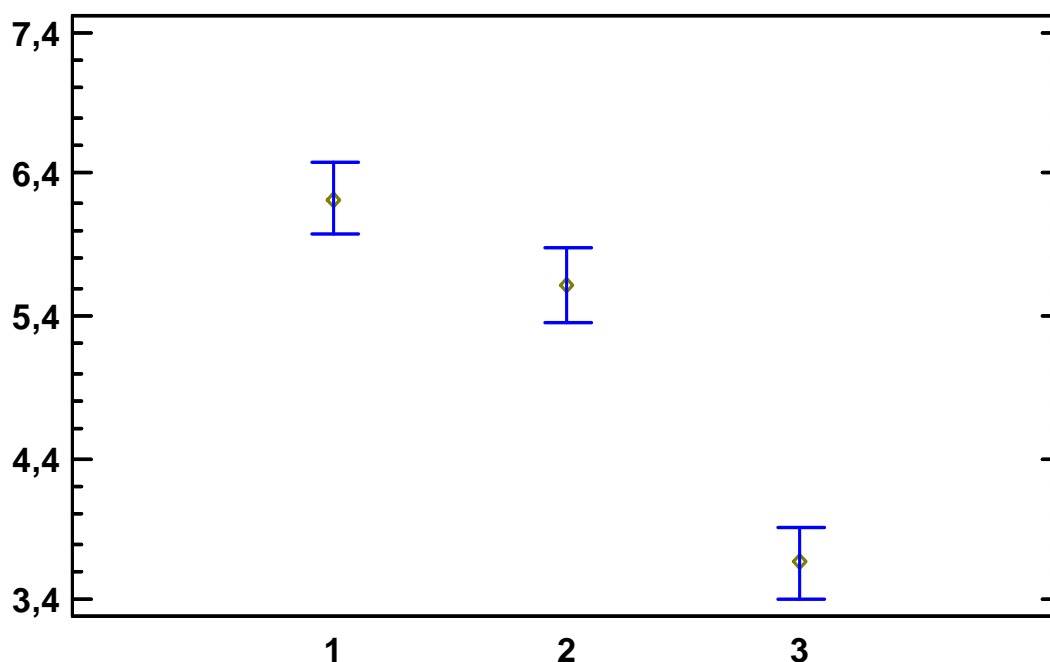


Figura 25: Gráfico de medias Flavor cocinado

Como se indica en la Tabla 16 de análisis de la varianza, existe un P-Valor de 0,0000 por lo que es inferior de 0,05 con lo que existe diferencia estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 95,0% para el atributo de flavor en cocinado. Los 3 pares de grupos son estadísticamente diferentes entre ellos para un nivel de confianza del 95,0%. Hace ver que consumidores distinguen claramente los 3 tratamientos en boca, disgustándoles el tratamiento con aceite esencial y orégano espolvoreado como ya se comentó en el resumen estadístico.

Parámetro a estudiar: textura en boca.

Tabla 17: Análisis de la varianza para Textura en boca cocinado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-----------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 116,758 | 2 | 58,3792 | 23,76 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 582,425 | 237 | 2,45749 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 699,183 | 239 | | | |

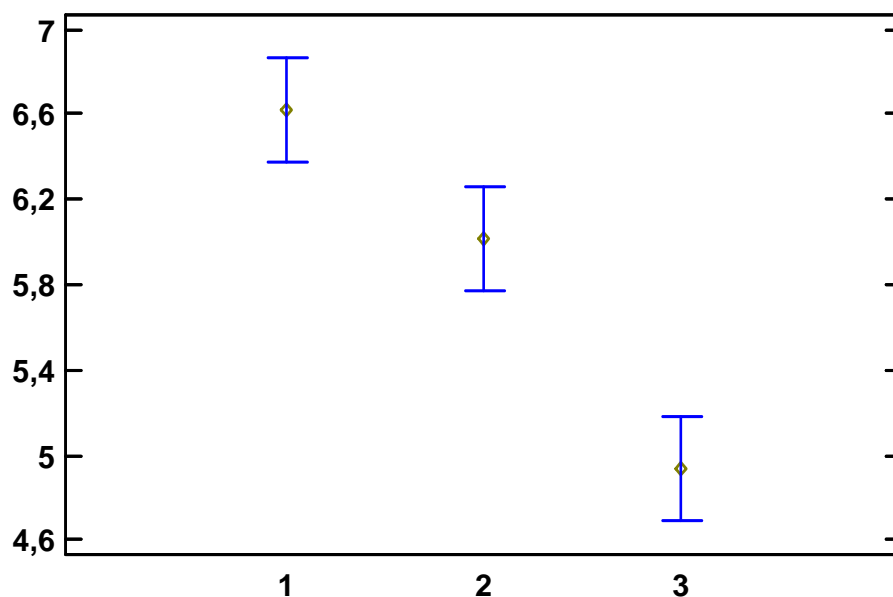


Figura 26: Gráfico de medias Textura en boca cocinado

Igual que en el parámetro anterior, el P-Valor es de 0,0000 por lo que es inferior a 0,05, con lo que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para un nivel de confianza del 95,0%. Por esto mismo, no existen grupos homólogos entre tratamientos, habiendo diferencias entre los tres tratamientos para el atributo de textura en boca con materia prima cocinada.

Parámetro a estudiar: valoración global.

Tabla 18: Análisis de la varianza para Valoración global cocinado.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|-----------------------------|-------------------|------------|----------------|--------------|---------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Tratamiento | 301,758 | 2 | 150,879 | 71,94 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 497,037 | 237 | 2,0972 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 798,796 | 239 | | | |

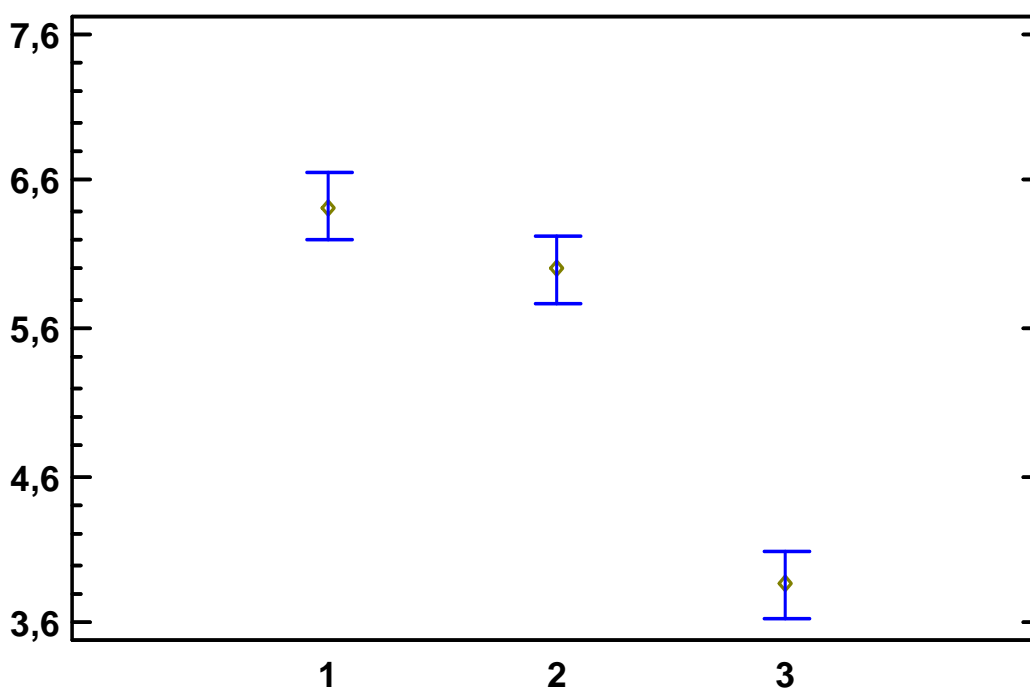


Figura 27: Gráfico de medias Valoración global en cocinado.

En cuanto a este parámetro, como es indicado en la Tabla18, el P-Valor es también de 0,000 por lo que al ser inferior a 0,05 existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para un nivel de confianza del 95,0%. Aunque en la Figura 27 no se aprecie claramente, existen grupos homólogos, los tratamientos 1 y 2. Sin embargo el tratamiento 3 muestra diferencias significativas con los otros dos tratamientos para un nivel de confianza del 95,0%. Como ya se comentó en el resumen estadístico, existe muy poca diferencia entre los resultados obtenidos para los tratamientos 1 y 2, quedándose más alejado el tratamiento 3, mucho mejor apreciable en la Figura 27.

Por último se expone una matriz de correlaciones en la que se puede apreciar la dependencia entre los atributos estudiados. Cabe destacar que a partir de 0,7 se considera que la correlación es fuerte, por lo que existe una dependencia importante entre los atributos.

Tabla 19: Matriz correlaciones cocinado

| | Apariencia | Aroma | Flavor | Textura en boca | Valoración global |
|-------------------|------------|--------|--------|-----------------|-------------------|
| Apariencia | | 0,3871 | 0,2714 | 0,3983 | 0,4228 |
| Aroma | 0,3871 | | 0,6459 | 0,5292 | 0,7037 |
| Flavor | 0,2714 | 0,6459 | | 0,6649 | 0,8814 |
| Textura en boca | 0,3983 | 0,5292 | 0,6649 | | 0,7354 |
| Valoración global | 0,4228 | 0,7037 | 0,8814 | 0,7354 | |

*Valor P= 0,0 en todos los casos

En la Tabla 19 se puede destacar que los consumidores a la hora de realizar una valoración global del producto, se han dejado llevar sobre todo por el flavor ($R=0,8814$), es decir la sensación olfato gustativa en boca. El sabor ha sido lo que más ha influido y la textura en boca también ha sido relevante a la hora de hacer una valoración global del producto, seguida muy de cerca del aroma con valores mayores de $R=0,7$. Por el contrario, la apariencia ha sido los que menos ha importado a la hora de valorar el producto.

6. Conclusiones

El estudio del panel de catadores seleccionados y entrenados permite extraer las siguientes conclusiones:

- El panel de catadores detectó diferencias estadísticamente significativas entre muestras de pechuga cruda sin tratar y muestras con recubrimiento WPI-OR, tanto cuando fueron envasadas cerradas o presentadas en bandeja abierta.
- El 97,86% de la población detectaría las diferencias mencionadas en el punto anterior.
- El panel de catadores detectó diferencias estadísticamente significativas entre muestras de pechuga cocinada sin tratar y muestras recubiertas con WPI-OR tanto espolvoreadas con orégano como salsa fuerte (Lizano).
- El 68,06% de la población detectó diferencias con el tratamiento fuerte o salsa Lizano.
- El 79,07% de la población detectó diferencias con el tratamiento débil de orégano espolvoreado.
- El panel de catadores no detectó diferencias significativas entre muestras de pechuga cocinadas sin tratar y con muestras con WPI-OR cuando ambas eran condimentadas con orégano espolvoreado y salsa fuerte (Lizano)

Tras el estudio de las pruebas hedónicas de consumidores se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Las muestras de pechuga crudas: ¹sin tratar, ²WPI y ³WPI-OR más orégano espolvoreado no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas en las valoraciones del atributo “apariencia”, mientras que en los atributos “aroma” y “valoración global” la muestra WPI-OR posee una ligera peor puntuación, pero estadísticamente significativa, respecto a las otras dos que no muestran diferencias estadísticamente significativas.
- La valoración hedónica de las muestras cocinadas sin tratar y WPI no presentaron diferencias estadísticamente significativas para los atributos: apariencia, aroma y valoración global. Mientras que hay pequeñas diferencias en las valoraciones para la recubierta en flavor y textura respecto a la muestra sin tratar. La muestra WPI-OR presenta un grado de aceptación ligeramente inferior pero estadísticamente

significativa a las dos anteriores en todos los atributos analizados, menos en la apariencia.

7. Bibliografía

- Aguirre, M. 2011. *Selección y entrenamiento de un panel de cata para análisis discriminativo de productos cárnicos con recubrimientos antimicrobianos*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad Pública de Navarra.
- Amerine, Pangborn, y Roessler 1965. "Principles of sensory evaluation of food" Academic Press, New York USA.
- Anker, M. 1996. "Edible and biodegradable films and coatings for food packaging". Publication Sik Rapport, Londres.
- Anzaldúa-Morales A. 1994. "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica". Editorial Acribia S.A. 1994. p.XIII. 2. IRAM 20003: 1995.
- Atarés, L., C. De Jesús, P. Talens y A. Chiralt. 2010. Characterization of SPI-based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils. *Journal of Food Engineering* 99(3): 384-391.
- Aymerich, T., P. A. Picouet y J. M. Monfort. 2008. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science* 78(1-2): 114-129.
- Brewer, S. 2004. Irradiation effects on meat color - A review. *Meat Science* 68(1): 1-17.
- Briz Escribano, J. y García Faure, R. 2004. Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, Madrid.
- Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology* 94(3): 223-253.
- Campos, C. A., L. N. Gerschenson and S. K. Flores. 2010. Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food and Bioprocess Technology*: 1-27.
- Chouliara, E., A. Badeka, I. Savvaidis and M. G. Kontominas. 2008. Combined effect of irradiation and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of chicken breast meat: Microbiological, chemical and sensory changes. *European Food Research and Technology* 226(4): 877-888.
- Coma, V. 2008. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science* 78(1-2): 90-103.
- Cutter, C. N. 2006. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Science* 74(1): 131-142.

- Daraba, A. 2008. Future trends in packing: Edible, biodegradable coats and films. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 9(3): 652-664.
- Devlieghere, F., L. Vermeiren y J. Debevere. 2004. New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal* 14(4): 273-285.
- Edwards, A.L. 1952. The Scaling of Stimuli by the Method of Successive Intervals. *Journal of Applied Psychology*. Vol. 3
- Emiroglu, Z. K., G. P. Yemiş, Coşkun, B. K. y K. Candoğan. 2010. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Science* 86(2): 283-288.
- Fernández-Pan, I., A. Armendáriz and J. I. T.-P. Maté. 2010. Aumento de la vida útil de pechuga de pollo mediante el empleo de recubrimientos comestibles activos. *Actas del VI Congreso español de ingeniería de alimentos*. [USB]. ISBN: 978-84-7359-654-1.
- Fernández-Pan, I. 2011. *Desarrollo de Películas y Recubrimientos Comestibles Antimicrobianos para la Mejora de la Seguridad y Calidad Microbiológica de Productos Cárnicos Frescos*. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra.
- Gennadios, A., Hanna, M.A y Kurth, L. B. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review. *LWT - Food Science and Technology* 30(4): 337-350.
- Gill, A. O., P. Delaquis, P. Russo y R. A. Holley. 2002. Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *International Journal of Food Microbiology* 73(1): 83-92.
- Guerrero-Legarreta, I. 2009. Spoilage detection. *Handbook of processed meats and poultry analysis*. L. M. L. Nollet and F. Toldrá. Boca Raton, Florida, CRC Press: 445-460.
- Greener, I.K. 1992. "A thesis about physical properties of edible films and their components". University of Wisconsin-Madison, USA.
- Hosseini, M. H., S. H. Razavi, S. M. A. Mousavi, S. A. S. Yasaghi y A. G. Hasansaraei. 2008. Improving antibacterial activity of edible films based on chitosan by incorporating thyme and clove essential oils and EDTA. *Journal of Applied Sciences* 8(16): 2895-2900.
- Ibañez, F.C. y Barcina, Y. 2000. Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. Springer, Barcelona.
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J.J. 1999. "Introducción al análisis sensorial de los alimentos". Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Jaeger, S.R. y MacFie, H. 2010. Consumer-Driven Innovation in Food and Personal Products. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Jones, L.V., Peryam, D.R., Thurstone, L.L. 1955. Development of a scale for measuring soldiers' food preferences. *Food Research*, 20, 512-520.

- Kristo, E., K. P. Koutsoumanis y C. G. Biliaderis. 2008. Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*. *Food Hydrocolloids* 22(3): 373-386.
- Lawless, H.T., Heymann, H. 1998. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Chapman & Hall, New York.
- Maizura, M., A. Fazilah, M. H. Norziah y A. A. Karim. 2008. Antibacterial activity of modified sago starch-alginate based edible film incorporated with lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil. *International Food Research Journal* 15(2): 233-236.
- Martin-Belloso, O., M. A. Rojas-Graü y R. Soliva-Fortuny. 2009. Delivery of Flavor and Active Ingredients Using Edible Films and Coatings. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. M. E. Embuscado and K. C. Huber. New York, Springer: 295-314.
- Mead, G. C. 2004. Shelf-life and spoilage of poultry meat. *Poultry meat processing and quality*. G. C. Mead. Cambridge, England, CRC Press: 283-303.
- Min, S. y J. M. Krochta. 2005. Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems. *Journal of Food Science* 70(2).
- Min, B. J. y J. H. Oh. 2009. Antimicrobial activity of catfish gelatin coating containing origanum (*Thymus capitatus*) oil against Gram-negative pathogenic bacteria. *Journal of Food Science* 74(4).
- Morten C. Meilgaard, Gail Vance Civile y Thomas Carr B. 2007. "Sensory Evaluation Techniques, Fourth Edition. Taylor & Francis.
- Nakatsu, T., A. T. Lupo, J. W. Chinn y R. K. L. Kang. 2000. Biological activity of essential oils and their constituents. *Studies in Natural Products Chemistry* 21: 571-631.
- Nerín, C., L. Tovar, D. Djenane, J. Camo, J. Salafranca, J. A. Beltrán y P. Roncalés. 2006. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(20): 7840-7846.
- Oussalah, M., S. Caillet, S. Salmiéri, L. Saucier y M. Lacroix. 2004. Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(18): 5598-5605.
- Oussalah, M., S. Caillet, S. Salmiéri, L. Saucier y M. Lacroix. 2006. Antimicrobial effects of alginate-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. *Journal of Food Protection* 69(10): 2364-2369.
- Oussalah, M., S. Caillet, S. Salmiéri, L. Saucier and M. Lacroix. 2007. Antimicrobial effects of alginate-based films containing essential oils on *Listeria monocytogenes* and

- Salmonella typhimurium present in bologna and ham. *Journal of Food Protection* 70(4): 901-908.
- Pelissari, F. M., M. V. E. Grossmann, F. Yamashita y E. A. G. Pined. 2009. Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(16): 7499-7504.
- Patsias, A., A. V. Badeka, I. N. Savvaidis and M. G. Kontominas. 2008. Combined effect of freeze chilling and MAP on quality parameters of raw chicken fillets. *Food Microbiology* 25(4): 575-581.
- Pérez Elortondo, F.J.; Ojeda, M.; Albisu, M.; Salmerón, J. Etayo, I. y Molina, M. 2007. Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Qual. Pref.* 18, 425-439
- Peryam, D.R., Girardot, N.F. 1952. Advanced Taste-Test Method. *Food Engineering*, 24, 58-61.
- Pranoto, Y., S. K. Rakshit and V. M. Salokhe. 2005. Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin. *LWT - Food Science and Technology* 38(8): 859-865.
- Pranoto, Y., S. K. Rakshit y V. M. Salokhe. 2005. Mechanical, physical and antimicrobial characterization of edible films based on alginate and chitosan containing garlic oil. *Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing* 13(5-6): 617-626.
- Quintavalla, S. y L. Vicini. 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science* 62(3): 373-380.
- Ravishankar, S., L. Zhu, C. W. Olsen, T. H. McHugh y M. Friedman. 2009. Edible apple film wraps containing plant antimicrobials inactivate foodborne pathogens on meat and poultry products. *Journal of Food Science* 74(8).
- Rivas-Cañedo, A., E. Fernández-García y M. Nuñez. 2009. Volatile compounds in fresh meats subjected to high pressure processing: Effect of the packaging material. *Meat Science* 81(2): 321-328.
- Rojas-Graü, M. A., R. J. Avena-Bustillos, M. Friedman, P. R. Henika, O. Martín-Belloso and T. H. McHugh. 2006. Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(24): 9262-9267.
- Rojas-Graü, M. A., R. J. Avena-Bustillos, C. Olsen, M. Friedman, P. R. Henika, O. Martín-Belloso, Z. Pan y T. H. McHugh. 2007. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. *Journal of Food Engineering* 81(3): 634-641.

- Rojas-Graü, M. A., R. Soliva-Fortuny and O. Martín-Belloso. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology* 20(10): 438-447.
- Royo, M., I. Fernández-Pan y J. I. Maté. 2010. Antimicrobial effectiveness of oregano and sage essential oils incorporated into whey protein films or cellulose-based filter paper. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(9): 1513-1519.
- Samelis, J. 2006. Managing Microbial Spoilage in the Meat Industry. *Food Spoilage Microorganisms*. W. Blackburn. Boca Raton, Florida, CRC Press LLC.
- Sánchez-González, L., C. González-Martínez, A. Chiralt and M. Cháfer. 2010. Physical and antimicrobial properties of chitosan-tea tree essential oil composite films. *Journal of Food Engineering* 98(4): 443-452.
- Seydim, A. C. and G. Sarikus. 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International* 39(5): 639-644.
- Stone, Herbert and Sidel, Joel L. 1993. Food; Sensory evaluation. *Academic Press*
- Tiwari, B. K., V. P. Valdramidis, C. P. O'Donnell, K. Muthukumarappan, P. Bourke y P. J. Cullen. 2009. Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(14): 5987-6000.
- Tripathi, S., G. K. Mehrotra y P. K. Dutta. 2008. Chitosan based antimicrobial films for food packaging applications. *E-Polymers*.
- UNE 87-003-95. AENOR. 1995. Análisis sensorial. Metodología. Métodos de investigación de la sensibilidad gustativa. Madrid: AENOR.
- UNE 87026:2000. AENOR. 2000. Análisis sensorial. Guía general y método para la evaluación del color de los alimentos. Madrid: AENOR.
- UNE-EN ISO 4120:2008. AENOR. 2008. Análisis sensorial. Metodología. Prueba triangular. Madrid: AENOR.
- UNE 87-015-86. AENOR 1986. Análisis sensorial, metodología, directrices para la preparación de muestras en las que el análisis olfato-gustativo directo no es posible
- UNE 87-004-79. AENOR. 1979. Análisis sensorial, guía para la instalación de una sala de cata
- UNE 87 024-1. AENOR 1995. Análisis sensorial : guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte 1, Catadores.
- UNE-EN ISO 8589:2010. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. 2007. Guía general para el diseño de una sala de cata. (ISO 8589:2007)

- Ustunol, Z. 2009. Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. *Edible Films and Coating for Food Applications*. M. E. Embuscado and K. C. Huber. New York, Springer: 245-268.
- van Vuuren, S. F. y A. M. Viljoen. 2007. Antimicrobial activity of limonene enantiomers and 1,8-cineole alone and in combination. *Flavour and Fragrance Journal* 22(6): 540-544.
- Vargas, M., C. Pastor, A. Chiralt, D. J. McClements y C. González-Martínez. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(6): 496-511.
- Zhou, G. H., X. L. Xu y Y. Liu. 2010. Preservation technologies for fresh meat - A review. *Meat Science* 86(1): 119-128.
- Zinoviadou, K. G., K. P. Koutsoumanis y C. G. Biliaderis. 2009. Physico-chemical properties of whey protein isolate films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef. *Meat Science* 82(3): 338-345.
- Zivanovic, S., S. Chi y A. F. Draughon. 2005. Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. *Journal of Food Science* 70(1).

8. Anejos

A1. Ficha de prueba triangular.

| Prueba triangular | |
|--|-------------------------|
| Nº Cabina..... | Fecha..... Hora..... |
| Apellidos..... | Nombre..... |
| Instrucciones Probar las muestras de izquierda a derecha: dos son iguales. Una es diferente. Escribir el número de la muestra que difiere de las otras en el espacio siguiente. Si no está seguro, haga una propuesta. Puede indicar en comentarios que se trata de una suposición. La muestra que difiere de las otras dos es: _____ | |
| Observaciones..... | |

A2. Ficha prueba hedónica de consumidores para estudio en crudo.

CATA PRODUCTOS CÁRNICOS (I)

Fecha:

Nombre..... Edad:

Evalúe los atributos sensoriales (apariencia, aroma y valoración global) de las muestras, para ello empiece por su izquierda y siga su orden de presentación. Después de analizar cada muestra, valore según la escala que se presenta a continuación. Indique el código de la muestra y su puntuación en la tabla inferior.

Escala de Puntuación

| |
|-------------------------------|
| 1 = Me disgusta muchísimo |
| 2= Me disgusta mucho |
| 3= Me disgusta moderadamente |
| 4 =Me disgusta un poco |
| 5= Ni me gusta ni me disgusta |
| 6 = Me gusta |
| 7= Me gusta moderadamente |
| 8= Me gusta mucho |
| 9= Me gusta muchísimo |

Tabla Valoración

| | Muestra: | Muestra: | Muestra: |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Apariencia | | | |
| Aroma | | | |
| Valoración Global | | | |

Observaciones:.....

¡¡¡ Muchas Gracias por su colaboración!!!

A3. Ficha prueba hedónica de consumidores para estudio en cocinado.

CATA PRODUCTOS CÁRNICOS (II)

Fecha:

Nombre.....

Edad:

Evalúe los atributos sensoriales de las muestras, para ello empiece por su izquierda y siga su orden de presentación. Después de analizar cada muestra, valore según la escala que se presenta a continuación. Indique el código de la muestra y su puntuación en la tabla inferior.

Escala de Puntuación

| |
|-------------------------------|
| 1 = Me disgusta muchísimo |
| 2= Me disgusta mucho |
| 3= Me disgusta moderadamente |
| 4 =Me disgusta un poco |
| 5= Ni me gusta ni me disgusta |
| 6 = Me gusta |
| 7= Me gusta moderadamente |
| 8= Me gusta mucho |
| 9= Me gusta muchísimo |

Tabla Valoración

| | Muestra: | Muestra: | Muestra: |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Apariencia | | | |
| Aroma | | | |
| Flavor (sensación olfatogustativa en boca) | | | |
| Textura en boca | | | |
| Valoración Global | | | |

Observaciones:.....

.....